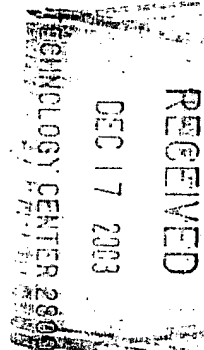




**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

In re the application of:

Inventor(s) : Masao HAGIWARA  
Serial Number : 09/934,572  
Filed : August 23, 2001  
For : SOLENOID DRIVING DEVICE  
Examiner : Isabel Rodriguez  
Group Art Unit : 2836



**CLAIM TO PRIORITY**

The Honorable Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

December 10, 2003

Dear Sir:

The benefit of the filing date of the following foreign applications is hereby requested for the above-identified applications, and the priority provided in 35 U.S.C. § 119 is hereby claimed:

Japanese Patent Application No. 2000-263091, filed August 31, 2000.

In support of this claim, the requisite certified copies of said original foreign applications are filed herewith.

It is requested that the file of this application be marked to indicate that the applicant has complied with the requirements of 35 U.S.C. § 119 and that the Patent and Trademark Office kindly acknowledge receipt of this document.

In the event any fees are required, please charge our deposit account  
No. 22-0256.

Respectfully submitted,  
VARNDELL & VARNDELL, PLLC

A handwritten signature in black ink, appearing to read "R. Eugene Varndell, Jr.", written over a horizontal line.

R. Eugene Varndell, Jr.  
Attorney for Applicants  
Registration No. 29,728

Atty. Case No. VX012339  
106-A South Columbus St.  
Alexandria, VA 22314  
(703) 683-9730  
V:\Vdocs\W\_Docs\Dec03\PO-152-2339 CTP.doc

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2000年 8月31日  
Date of Application:

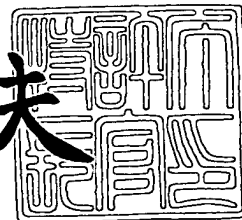
出願番号 特願2000-263091  
Application Number:  
[ST. 10/C]: [JP 2000-263091]

出願人 株式会社小松製作所  
Applicant(s):

2003年 9月 1日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井康夫



出証番号 出証特2003-3070916

【書類名】 特許願

【整理番号】 8C00011

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01F 5/00

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県平塚市四之宮 2 5 9 7 番地 株式会社小松製作  
    所 エレクトロニクス事業本部内

    【氏名】 萩原 政雄

【特許出願人】

    【識別番号】 000001236

    【氏名又は名称】 株式会社 小松製作所

【代理人】

    【識別番号】 100071054

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 木村 高久

【代理人】

    【識別番号】 100106068

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 小幡 義之

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 006460

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

    【物件名】 明細書 1

    【物件名】 図面 1

    【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ソレノイド駆動装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ソレノイドと、電源からの電流を断続的に前記ソレノイドへ供給させるスイッチ手段とを有するソレノイド駆動装置において、

前記ソレノイドと前記スイッチ手段との間に、前記ソレノイドに流れる電流を検出する電流検出回路を設けた

ことを特徴とするソレノイド駆動装置。

【請求項 2】

前記電流検出回路は、

前記ソレノイドに対し前記電源側に設けられている

ことを特徴とする請求項 1 記載のソレノイド駆動装置。

【請求項 3】

前記スイッチ手段および前記電流検出回路をコントローラの内部に設けると共に、当該コントローラの外部に端子部を介して前記ソレノイドを接続し、

前記電流検出回路は、

前記コントローラの外部の端子部を介して接続される前記ソレノイドに流れる電流を検出するようにした

ことを特徴とする請求項 1 又は 2 記載のソレノイド駆動装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、ソレノイドに供給される電流を制御するソレノイド駆動装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来、建設機械などの油圧駆動車両には、電磁弁（電磁比例制御弁）を駆動するために、その電磁弁を駆動するソレノイドと、該ソレノイドへの電流を制御す

るコントローラとを有するソレノイド駆動装置が組み込まれている。

#### 【0003】

この種の装置としては、図25や図26に示すものが知られている。

#### 【0004】

図25において、図中点線の左側がコントローラ（の内部）側を示し、一方、右側がソレノイド（電磁弁）側を示している。

#### 【0005】

この図25に示す装置では、ソレノイド1の両端部1A、1Bは、それぞれ信号線（ワイヤハーネス）2A、2Bを介して、コントローラ側に設けられたコネクタ3の端子部3A、3Bに接続されている。一般的に、電磁弁つまりソレノイド1はコントローラとは距離的に離れた位置に配置されているので、これらは、例えば約1～2m程度の信号線2A、2Bにより接続されることになる。

#### 【0006】

一方、コントローラ側では、直流の負荷電源VBの正電極（+）側は、パルス変調を行うためのスイッチSWを介してコネクタ3の端子部3Aに接続され、またコネクタ3の端子部3BとGND（グランド）との間に電流検出回路4が設けられている。つまり電流検出回路4は、ソレノイド1に対しローサイド（GND側）に設けられている。

#### 【0007】

コネクタ3の端子部3AとGND間には、その端子部3Aにカソードが接続され、一方、そのGNDにアノードが接続されたフリーホイールダイオードDが設けられている。

#### 【0008】

スイッチSWは例えばトランジスタや電界効果トランジスタなどのスイッチング素子を有して構成されるものであり、パルス変調信号（PWM信号）に従ってオンオフ動作（スイッチング）する。

#### 【0009】

このスイッチSWがオン状態のときに、負荷電源VBの正電極側からの電流が、スイッチSW、コネクタ3の端子部3Aおよび信号線2Aを介してソレノイド

1 に流れ、さらに信号線 2 B、コネクタ 3 の端子部 3 B および電流検出回路 4 を介して GND へ流れる。このとき、電流検出回路 4 では、ソレノイド 1 から流れてくる電流を検出し、この検出結果を出力するようにしている。この検出結果は、ソレノイド 1 に流れる電流を制御するための信号、つまり、スイッチ SW をオンオフ動作させるパルス変調信号のデューティ比を決定するための信号として用いられる。

#### 【0010】

これにより、ソレノイド 1 の作動に応じて電磁弁（電磁比例制御弁）が駆動されることになる。

#### 【0011】

一方、図 26 に示す装置は、図 25 に示した装置の構成において、電流検出回路 4 およびスイッチ SW の配置を変更した構成になっている。なお、同図 26 において、図 25 に示す構成要素と同一の機能を果たす部分に同一符号を付している。

#### 【0012】

さて、図 26 において、電流検出回路 4 はソレノイド 1 に対しハイサイド（電源側）に配置され、スイッチ SW は GND に接続された構成になっている。

#### 【0013】

すなわち、負荷電源 VB とコネクタ 3 の端子部 3 A との間に電流検出回路 4 が設けられ、コネクタ 3 の端子部 3 B と GND との間にスイッチ SW が設けられている。また、電流検出回路 4 の入力側とコネクタ 3 の端子部 3 B との間には、その入力側にカソードが接続され、一方、その端子部 3 B にアノードが接続されたフリーホイールダイオード D が設けられている。

#### 【0014】

この場合、スイッチ SW がオン状態のときには、負荷電源 VB の正電極側からの電流が、電流検出回路 4、コネクタ 3 の端子部 3 A および信号線 2 A を介してソレノイド 1 に流れ、さらに信号線 2 B、コネクタ 3 の端子部 3 B およびスイッチ SW を介して GND へ流れる。このとき、電流検出回路 4 では、ソレノイド 1 に流れる電流を検出し、この検出結果を出力するようにしている。この検出結果

は、上記同様に、スイッチ SW をオンオフ動作させるパルス変調信号のデューティ比を決定するための信号として用いられる。

#### 【0015】

なお、図 25 及び図 26 に示した装置においては、コントローラが 1 つのソレノイドのみを制御するようになっているが、実際には、図 27 及び図 28 に示すように複数のソレノイドを制御するようになっている。これら図 27 及び図 28 に示すソレノイド駆動装置において、コントローラでは、1 つのソレノイドに対しては上記図 25 あるいは図 26 に示した装置のコントローラ（コントローラ内部側）と同様の構成になっている。なお、図 27 及び図 28 においては、信号線およびソレノイドの端部を示す符号は省略している。

#### 【0016】

##### 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記図 27 及び図 28 に示した従来のソレノイド駆動装置では、上述したようにコントローラ内部にスイッチ SW と電流検出回路 4 を設け、車両の電磁弁を駆動するソレノイド 1 をコントローラの外部に設けた場合に、「ソレノイドの数×2」の信号線（ワイヤハーネス）の数が必要となる。たとえば図 27 及び図 28 に示すように 2 つのソレノイドを設けた場合には  $2 \times 2 = 4$  本の信号線が必要となり、また、5 つのソレノイドを設ける場合には  $5 \times 2 = 10$  本の信号線が必要となる。このようにソレノイド数の増加に伴って信号線数が大幅に増加するという問題があった。

そこで、第 1 の発明は、電流検出回路とソレノイドとの間を電氣的に接続する信号線の本数を低減することを第 1 の解決課題とする。

#### 【0017】

また、上記図 25 あるいは図 27 に示したソレノイド駆動装置では、電流検出回路がソレノイド 1 に対しローサイド（GND 側）に設けられているので、ソレノイド 1 の不完全地落や完全地落を検出することができない。

#### 【0018】

すなわち、コントローラの外部に配置されているソレノイド 1 とコントローラ（のコネクタ 3）とを接続するための約 1～2 m の信号線（ワイヤハーネス）を



GNDに接続されている車体内に引き回す際に、その信号線の導体部分が露出して車体に接触することにより、ソレノイド1が不完全地落あるいは完全地落することがある。

#### 【0019】

たとえば、図29に示すようにソレノイド1が不完全地落あるいは完全地落した場合（図中点線部分参照）には、負荷電源VBからは、スイッチSW、ソレノイド1および電流検出回路4を介してGNDへ流れる電流 $i_1$ と、スイッチSWおよびソレノイド1を介してGND（GND接地されている車体）へ流れる電流 $i_2$ とを加えた電流（ $i_1 + i_2$ ）が、スイッチSWへ向かって流れることになる。

#### 【0020】

すなわち、スイッチSWやソレノイド1には電流 $i_1$ と電流 $i_2$ とを加えた値の電流（ $i_1 + i_2$ ）が流れることになる。しかし、ソレノイド1に対しローサイドに設けられた電流検出回路4では、上記電流 $i_1$ は検出することができるものの、上記電流 $i_2$ については検出することができない。

#### 【0021】

このため、ソレノイド1に対しローサイドに電流検出回路4を設けた従来のソレノイド駆動装置では、例えばコントローラ内部のスイッチSWや、ソレノイド1が、過電流が流れることに起因して故障する虞があった。

#### 【0022】

また、こうした過電流を防止するために、図29に示した装置では、例えばスイッチSWとコネクタ3（の端子部3A）との間に、過電流検出回路を別途に設ける必要があった。このことは、スイッチSW、電流検出回路4、コネクタ3および過電流検出回路等が配置されるプリント基板のサイズを大きくする必要があり、コントローラ自体が大型化になってしまうことを意味する。

#### 【0023】

そこで、第2の発明は、不完全地落や完全地落を検出することができると共に、過電流検出回路を別途設ける必要がないようにすることを第2の解決課題とする。

## 【0024】

さらに、図27に示したようなローサイド（GND側）に電流検出回路を設けた構成のソレノイド駆動装置にあっては、上述したように、不完全地落や完全地落を検出することができないという問題や、過電流検出回路を別途設ける必要があるという問題に加えて、ソレノイドとコントローラとを電氣的に接続するために「ソレノイドの数×2」の数の信号線（ワイヤハーネス）を必要とし、しかもソレノイド数の増加に伴って信号数が増大し、結果的に、コネクタの端子数（ピン数）が増加するという問題があった。

## 【0025】

このことは、スイッチSW、電流検出回路4、端子数に応じた大きさのコネクタ3および過電流検出回路等が配置されるプリント基板のサイズを大きくする必要があり、コントローラ自体が大型化になってしまうことを意味する。

## 【0026】

そこで、第3の発明は、コネクタの端子数を低減するとともに、不完全地落あるいは完全地落を検出し、さらに過電流検出回路を別途設ける必要がないようにすることを第3の解決課題とする。

## 【0027】

【課題を解決するための手段、作用および効果】

上記第1の解決課題を達成するため、第1の発明では、ソレノイドと、電源からの電流を断続的に前記ソレノイドへ供給させるスイッチ手段とを有するソレノイド駆動装置において、前記ソレノイドと前記スイッチ手段との間に、前記ソレノイドに流れる電流を検出する電流検出回路を設けたことを特徴とする。

## 【0028】

また、上記第2の解決課題を達成するため、第2の発明では、第1の発明において、前記電流検出回路は、前記ソレノイドに対し前記電源側に設けられていることを特徴とする。

## 【0029】

さらに、上記第3の解決課題を達成するため、第3の発明では、第1又は第2の発明において、前記スイッチ手段および前記電流検出回路をコントローラの内

部に設けると共に、当該コントローラの外部に端子部を介して前記ソレノイドを接続し、前記電流検出回路は、前記コントローラの外部の端子部を介して接続される前記ソレノイドに流れる電流を検出するようにしたことを特徴とする。

#### 【0030】

次に、第1乃至第3の発明について図1乃至図3を参照して説明する。

#### 【0031】

電流検出回路4は、図1に示すように、ソレノイド1とスイッチSWとの間であって、ソレノイド1に対しハイサイド（負荷電源側）に設けている。

#### 【0032】

スイッチSW及び電流検出回路4は、図1中点線の左側部分に示すコントローラ（図示せず）の内部に設けられている。このコントローラ外部にコネクタ3を介して図1中点線の右側部分に示すソレノイド1が接続されている。つまりソレノイド1は、信号線2A、2Bを介してコネクタ3の端子部3A、3Bに接続されている。

#### 【0033】

このようなソレノイド駆動装置10において複数のソレノイドを駆動するための原理を図3に示す。ここでは、ソレノイドが2つの場合について説明する。

#### 【0034】

図3において、スイッチSW-1、SW-2、電流検出回路4-1、4-2、ソレノイド1-1、1-2、およびフリーホイールダイオードD-1、D-2はそれぞれ図1に示したスイッチSW、電流検出回路4、ソレノイド1、およびフリーホイールダイオードDと同様の機能を有している。

#### 【0035】

また、図3において、コネクタ3の端子部P1は図1に示したコネクタ3の端子部3Bに相当し、コネクタ3の端子部P2、P3は図1に示したコネクタ3の端子部3Aに相当する。すなわち、ソレノイド1-1とソレノイド1-2におけるGNDに接続される一端部はコモンになっている。したがって、コネクタ3の端子部の数（ピン数）は、「ソレノイド数+1」で求められる値で良いことになる。

## 【0036】

ここで、ソレノイド駆動装置10が稼働中に、たとえばソレノイド1と電流検出回路4（実際にはコネクタ3）とを接続するための信号線の導体部分が露出して、GNDに接続されている車体に接触することにより、ソレノイド1が不完全地落あるいは完全地落したとする。ここでは、説明の都合上、ソレノイドが1つの場合を例に挙げて説明する。

## 【0037】

この場合、負荷電源VBから供給される電流は、図2に示すように、スイッチSW、電流検出回路4、コネクタ3の端子部3A、信号線2A、ソレノイド1、信号線2B、およびコネクタ3の端子部3Bを介してGNDへと流れる電流 $i_1$ と、スイッチSW、電流検出回路4、コネクタ3の端子部3A、信号線2A及びソレノイド1を介してGND（GNDに接続されている車体）へと流れる電流 $i_2$ とを加えた電流となる。

## 【0038】

すなわち、負荷電源VBからは「電流 $i_1$ ＋電流 $i_2$ 」の電流がスイッチSWを介して電流検出回路4に流れることになるので、その「電流 $i_1$ ＋電流 $i_2$ 」電流（過電流）を電流検出回路4によって検出することができる。そして、この検出結果に基づいて過電流を防止するための制御をすることができる。

## 【0039】

以上説明したように、第1の発明によれば、ソレノイドとスイッチ手段との間に電流検出回路を設けるようにしたため、複数のソレノイドの駆動を制御する場合には、当該各ソレノイドにおける負荷電源側またはGND側の一端部をコモンとすることができるので、複数の電流検出回路と複数のソレノイドとを電氣的に接続するための信号線の数削減をすることができる。よって信号線の数削減に伴って信号線を接続するための接触不良を低減することができる。

## 【0040】

また、第2の発明によれば、上記第1の発明の作用効果を期待することができるのに加えて、ソレノイドとスイッチ手段との間であって該ソレノイドに対し電源側（ハイサイド）に電流検出回路を設けるようにしたため、不完全地落や完全

地落を検出し、これらの地落に伴う過電流を検出することができる。しかも、過電流検出回路を別途設けることなく、電流検出回路によって過電流を検出することができる。

#### 【0041】

さらに、第3の発明によれば、上記第1又は第2の発明の作用効果を期待することができるのに加えて、コントローラの外部に端子部を介してソレノイドを接続するようにしているので、コネクタの端子数を低減することができ、その端子数の削減に伴ってコネクタでの接続部分の接触不良を低減することができる。

#### 【0042】

また、従来と比較して端子数が大幅に削減されるコネクタが配置されるプリント基板のサイズ（プリント配線領域の面積）を小さくすることができ、結果的にソレノイド駆動装置自体をコンパクトにすることができる。

#### 【0043】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を添付図面を参照して説明する。

#### 【0044】

図1は、本発明に係るソレノイド駆動装置10の原理図を示している。

#### 【0045】

ソレノイド駆動装置10は、図26に示した従来のソレノイド駆動装置の構成において、スイッチSWの配置を変更した構成になっている。なお、同図1において、図26に示した構成要素と同一の機能を果たす部分には同一符号を付している。

#### 【0046】

本実施形態では、ソレノイド1は比例ソレノイドであるものとする。

#### 【0047】

スイッチSWは、フリーホイールダイオードDのカソードと電流検出回路4との接続点と、負荷電源VBの正電極側との間に設けている。すなわち、電流検出回路4は、ソレノイド1とスイッチSWとの間であって、ソレノイド1に対しハイサイド（負荷電源側）に設けている。

## 【0048】

また、フリーホイールダイオードDのアノード及びコネクタ3の端子部3Bはグラウンド(GND)に接続されている。すなわち、ソレノイド1の端部1B(ローサイド)は、常時、GNDに接続されていることになる。

## 【0049】

かかる構成のソレノイド駆動装置10では、パルス変調信号(PWM信号)の所定のデューティ比に従ってオンオフ動作(スイッチング)するスイッチSWがオン状態になったときに、負荷電源VBからソレノイド1へ向かって電流が供給される。すなわち、その電流は、スイッチSW、電流検出回路4、コネクタ3及び信号線2Aを介してソレノイド1へ流れ、さらに信号線2B及びコネクタ3を介してGNDへ流れる。

## 【0050】

一方、スイッチSWがオン状態からオフ状態に変化したときには、ソレノイド1に発生した逆起電力によって、ソレノイド1からフリーホイールダイオードDおよび電流検出回路4へと電流が流れる(図1中点線矢印で示される方向に電流が流れる)。

## 【0051】

すなわち、フリーホイールダイオードDは、スイッチSWが高速でスイッチングしてオフ状態になったときに、ソレノイドに蓄積されたエネルギーを放出するために発生する電圧(逆起電力)から、トランジスタや電界効果トランジスタなどのスイッチング素子であるスイッチSWを保護する機能を果たしている。と同時に、フリーホイールダイオードDは、図1中点線で示される方向に電流(環流電流)を流すことにより、負荷電流つまりソレノイド1へ供給すべき電流を持続させる機能も果たしている。

## 【0052】

ここで、ソレノイド駆動装置10が稼働中に、たとえばソレノイド1と電流検出回路4(実際にはコネクタ3)とを接続するための信号線の導体部分が露出して、GNDに接続されている車体に接触することにより、ソレノイド1が不完全地落あるいは完全地落したとする。

## 【0053】

この場合、負荷電源VBから供給される電流は、図2に示すように、スイッチSW、電流検出回路4、コネクタ3の端子部3A、信号線2A、ソレノイド1、信号線2B、及びコネクタ3の端子部3Bを介してGNDへと流れる電流*i*1と、スイッチSW、電流検出回路4、コネクタ3の端子部3A、信号線2A及びソレノイド1を介してGND（GNDに接続されている車体）へと流れる電流*i*2とを加算した電流となる。

## 【0054】

すなわち、負荷電源VBからは「電流*i*1+電流*i*2」の電流がスイッチSWを介して電流検出回路4に流れることになる。このため、その「電流*i*1+電流*i*2」電流（過電流）を電流検出回路4によって検出し、この検出結果に基づいて過電流を防止するための制御をすることができる。

## 【0055】

例えば、電流検出回路4によって過電流であることを検知した場合には、スイッチSWの動作を停止させ、かつその旨を報知（例えばランプ表示やディスプレイ表示）するようにする。これにより、スイッチSWやソレノイド1を過電流による故障から防止することができ、しかも、過電流が発生した旨（地落している旨）を外部に報知することで、早急にメンテナンスを行うことが可能となる。

## 【0056】

次に、図1に示した本発明に係るソレノイド駆動装置10において、複数のソレノイドを駆動するための原理について説明する。ここでは、ソレノイドが2つの場合について説明する。

## 【0057】

図3は、2つのソレノイドを駆動するためのソレノイド駆動装置10の原理を示す原理図である。

## 【0058】

図3において、スイッチSW-1、SW-2、電流検出回路4-1、4-2、ソレノイド1-1、1-2、およびフリーホイールダイオードD-1、D-2はそれぞれ図1に示したスイッチSW、電流検出回路4、ソレノイド1、およびフ

リーホイールダイオードDと同様の機能を有している。

#### 【0059】

また、図3において、コネクタ3の端子部P1は図1に示したコネクタ3の端子部3Bに相当し、コネクタ3の端子部P2、P3は図1に示したコネクタ3の端子部3Aに相当する。すなわち、ソレノイド1-1とソレノイド1-2におけるGNDに接続される一端部はコモンになっている。したがって、コネクタ3の端子部の数（ピン数）は、「ソレノイド数+1」で求められる値で良いことになる。

#### 【0060】

なお、図3においては、信号線及びソレノイドの端部の符号については省略している。

#### 【0061】

次に、図1に示したソレノイド駆動装置10において電流検出回路4を駆動するための電源を考慮した構成を図4に示す。この図4においては、コネクタ3および信号線2A、2Bを省略している。

#### 【0062】

図4に示すように、電流検出回路4にはこの回路を駆動するための直流の電源E（以下、検出回路電源Eという）が接続されている。検出回路電源Eの負電極側は、電流検出回路4とソレノイド1との接続部分に接続されている。その接続部分と検出回路電源Eの負電極側とを結ぶラインは、電流検出回路4のグラウンド（以下、電流検出回路グラウンドという）になっている。すなわち、検出回路電源Eはソレノイド1のハイサイドをグラウンドとしている。

#### 【0063】

また、電流検出回路4では、検出した結果を出力するための出力端は、GNDに接続された電流／電圧変換回路5の入力端に接続されている。前記出力端と前記入力端とは出力信号線①によって接続されている。本実施形態では、ソレノイド1へ供給される電流を検出した電流検出回路4は、その検出結果に応じた電流を出力するようになっている。すなわち、電流検出回路4の出力形態は電流出力となっている。



## 【0064】

電流／電圧変換回路5は、出力信号線①を経て入力した電流検出回路4からの電流を電圧に変換して、出力端から出力する。すなわち、電流／電圧変換回路5の出力端からは、GND基準の電圧信号が出力される。その電圧信号は、後段の処理回路（たとえばアナログ／デジタル変換器など）に供給される。電流／電圧変換回路5の出力端と前記後段の処理回路とは出力信号線②によって接続されている。

## 【0065】

次に、電流検出回路4の出力形態を電流出力としている理由について、図5乃至図8を参照して説明する。

## 【0066】

図5（a）に示すような回路においてパルス変調信号に従ってスイッチSWがオンオフ動作しているときには、ソレノイド1のハイサイド（負荷電源側）の電位VLは、図5（b）に示すように、スイッチSWがオンのときは負荷電源VBの電源電圧と同等となり、また、スイッチSWがオフのときはフリーホイールダイオードDの順方向電圧VFの極性符号を反対にした電圧（ $-VF$ ）と同等となる。

## 【0067】

ここで、図6に示すように、図5（a）に示す回路構成においてソレノイド1とスイッチSWとの間にGND基準の電流検出回路4を設けた場合には、その入力電圧の範囲は、 $-VF - VS \sim VB - VS$ （VSは電流検出回路4により検出される検出信号）となり、電流検出回路自身の電源電圧の範囲（ $0 \sim VB$ ）を超えてしまう。このため、電流検出回路4は検出動作を正常に行うことができない。

## 【0068】

また、負荷（この場合はソレノイド1）への電圧供給ロスを小さくするために、通常、電流検出回路4での電圧ドロップ分（電圧降下分）を小さくするようにする。その電圧ドロップ分の電圧としては例えば約100mV程度になるように設定される。したがって、電流検出回路4の入力信号は、図7に示すように、大きな同相成分に小さな信号成分（検出信号VS）が重畳しているような状態になっている。このような信号から、検出信号VSのみを精度良く取り出すのは困難

である。

#### 【0069】

これに対処すべく、図8に示すように電流検出回路4を検出回路電源Eと共にソレノイド1に対しハイサイドに設けた場合には、電流検出回路4からみると、入力信号は小さな検出信号VSのみとなり、安定した検出動作を行うことができる。

#### 【0070】

しかし、図8に示す回路構成においては、GNDからみると、電流検出回路4全体の電位が、図5(b)に示した電位「VB」と電位「-VF」とを交互に繰り返した電位になっているように見える。したがって、電流検出回路グランド基準の電流検出回路4の電圧出力では、GND基準の安定した検出信号VSは得られない。

#### 【0071】

そこで、本実施形態では、電流検出回路4の出力形態を電流出力とし、上記図4に示したように、電流検出回路4からの出力電流を、電流／電圧変換回路5を通してGND基準の電圧信号に変換するようにしている。

#### 【0072】

次に、出力形態が電流出力である電流検出回路4の構成について、図9を参照して説明する。

#### 【0073】

図9は、電流検出回路4の詳細な構成図を示している。同図9において、電流検出回路4は、スイッチSWとソレノイド1（実際にはコネクタ3）との間に直列に接続されたシャント抵抗Rと、このシャント抵抗Rに電流が流れることによりシャント抵抗Rの両端に発生する電位の差（電位差）を検出して、電流に変換する電圧／電流変換回路20と、この電圧／電流変換回路20によって変換された電流に対応した電流を出力するカレントミラー30とから構成されている。

#### 【0074】

シャント抵抗Rは、ソレノイド1へ定格電流を流したときに上述した電圧ドロップ分の電圧（例えば100mV）となるような抵抗値のものが使用される。

**【0075】**

カレントミラー30は、外部に電流信号を出力するために用いられるものである。

**【0076】**

検出回路電源Eの電源電圧は、電圧／電流変換回路20およびカレントミラー30の駆動用電源として供給（印加）される。

**【0077】**

シャント抵抗Rのソレノイド1側の端部、電流／電圧変換回路20及びカレントミラー30は、検出回路電源Eの負電極側に接続されている。すなわち、これら各構成要素は電流検出回路グランドに接続されていることになる。

**【0078】**

ところで、図9に示す電流検出回路4では、ソレノイド1へ流れる電流をシャント抵抗Rにて電流／電圧変換し、ここで変換された電圧を、電圧／電流変換回路20にて電圧／電流変換し、さらに、ここで変換された電流をカレントミラー30にて出力電流として出力しているので、電流検出回路4全体としては、電流検出回路グランドを基準とした電流／電流変換を行っていることになる。なおこの場合、その出力電流は、入力電流とは異なった電流値となっている。

**【0079】**

このことは、GNDからみた場合に電流検出回路4には図7に示すような入力信号が入力されているにも係わらず、電流検出回路4からみると、入力信号は小さな電流信号成分のみになることを意味する。このため、GND基準とした場合にはS／N比が悪い検出回路構成のものから、上述したような電流検出回路グランド基準とした電流／電流変換を行うことにより、純粋に検出電流成分（電流信号成分）を取り出すことができる。

**【0080】**

上述したような電流検出回路4においては、シャント抵抗Rに発生する電位は電流検出回路グランドが基準となるので、図7に示すような入力信号が入力された場合であっても、電流検出回路4からみると、入力信号は小さな電流信号成分（電流検出回路グランド基準のシャント抵抗に流れる電流＝シャント電流）のみ

になるので、このシャント電流の  $S/N$  比を向上させることができる。

#### 【0081】

また、上記図 5 (a) に示したように、スイッチ SW がオンオフ動作したとき、ソレノイド 1 のハイサイド側の電位 VL は、GND を基準にした場合には、上記図 5 (b) に示したように、オンのときは負荷電源 VB の電源電圧となり、一方、オフのときはフリーホイールダイオード D の順方向電圧に相当する電圧「 $-V_F$ 」となる。

#### 【0082】

しかし、この実施形態では上述したようにシャント抵抗 R のソレノイド 1 側の端部および電流／電圧変換回路 20 は、ソレノイド 1 のハイサイドをグランドとする検出回路電源 E の負電極側（つまり電流検出回路グランド）に接続されているので、シャント抵抗 R と電流／電圧変換回路 20 に対しては、共通の基準点（電流検出回路グランド）に対しての電位を考慮すれば良いことになる。

#### 【0083】

すなわち、スイッチ SW がオフ状態となり、ソレノイド 1 のハイサイド側の電位 VL が GND を基準にして電圧「 $-V_F$ 」となった場合であっても、シャント抵抗 R の両端の電位の差は、その抵抗の抵抗値とシャント抵抗 R に流れる電流（ソレノイド 1 へ流れる電流）の電流値との積で求まる電圧となる。

#### 【0084】

この電圧（シャント電圧）は、ソレノイド 1 へ定格電流を流したときに上述した電圧ドロップ分の電圧（例えば 100 mV）となる。したがって、図 4 に示したようにフリーホイールダイオード D が設けられている場合でも、シャント電圧は電流検出回路 4 の電源電圧の範囲（ $0 \sim V_B$ ）に収まる。このため電流検出回路 4、特に電圧／電流回路 20 の検出動作を正常に行うことができる。

#### 【0085】

次に、電圧／電流変換回路 20 およびカレントミラー 30 をさらに詳細に示した電流検出回路 4 を、図 10 に示す。

#### 【0086】

図 10 において、電圧／電流変換回路 20 はオペアンプ 21 と電界効果トラン

ジスタ F E T と抵抗 R 2 とから構成され、カレントミラー 30 は 2 つのトランジスタ T r 1、T r 2 と 2 つの抵抗 R 3、R 4 とから構成されている。

【0087】

オペアンプ 21 の + 電源端子および - 電源端子には、それぞれ検出回路電源 E の正電極側および負電極側が接続されている。ここでは、検出回路電源 E の電源電圧は、オペアンプ 21 が正常に動作可能な電圧（電源電圧）たとえば 8 V としている。

【0088】

電圧／電流変換回路 20 では、オペアンプ 21 は、その + 入力端子がシャント抵抗 R のスイッチ S W 側の一端に接続され、また、その - 入力端子が電界効果トランジスタ F E T のソース S に接続され、さらに、その出力端子が電界効果トランジスタ F E T のゲート G に接続されている。

【0089】

電界効果トランジスタ F E T のソース S は、一方が検出回路電源 E の負電極側と接続されている抵抗 R 2 の他方と接続され、また、そのドレイン D は、トランジスタ T r 1 のベース及びコレクタと接続されている。

【0090】

カレントミラー 30 を構成するトランジスタ T r 1 とトランジスタ T r 2 のベースは互いに接続され、トランジスタ T r 1 のエミッタは、一方が検出回路電源 E の正電極側と接続されている抵抗 R 3 の他方と接続されている。また、トランジスタ T r 2 は、そのエミッタが一方が検出回路電源 E の正電極側と接続されている抵抗 R 4 の他方と接続され、そのコレクタは、出力信号線①を介して図 4 に示した電流／電圧変換回路 5 と接続されている。

【0091】

なお、2 つのトランジスタ T r 1、T r 2 は基本的には同一の特性を有するものをペアとして用いる必要がある。しかし、実際には、同一特性のトランジスタをペアとして用いるのは困難であるので、そのペア性を補償するために、トランジスタ T r 1、T r 2 のそれぞれのエミッタと検出回路電源 E の正電極側との間に抵抗 R 2、R 3 を設けるようにしている。

## 【0092】

次に、かかる構成の電流検出回路4の動作について説明する。

## 【0093】

ここでは、シャント抵抗Rの抵抗値を $r_1$ とし、また抵抗R2の抵抗値を $r_2$ とする。

## 【0094】

今、電流 $i_1$ が、一端が電流検出回路グランド基準になっているシャント抵抗R1に流れたとすると、シャント抵抗R1の両端の電位の差は「 $r_1 \times i_1$ 」で求められる電圧値となり、この「 $r_1 \times i_1$ 」で求められる電圧値の電圧がオペアンプ21の+入力端子に印加されることとなる。そして、オペアンプ21の2つの入力端子間はイマジナルショートであるという関係から、その-入力端子の電位は、「 $r_1 \times i_1$ 」で求められる電圧値となる。

## 【0095】

さて、「 $r_1 \times i_1$ 」で求められる電圧値の電位がオペアンプ21の+入力端子に印加されると、オペアンプ21の出力端子からは所定の電圧が出力され、この電圧が電界効果トランジスタFETのゲートに印加されて、電界効果トランジスタFETがオフ状態からオン状態に変化する。さらに電界効果トランジスタFETがオン状態になることで、トランジスタTr1、Tr2の各ベースに所定の電圧が印加されて、これらのトランジスタがオフ状態からオン状態に変化する。

## 【0096】

また、電界効果トランジスタFETのソースSと抵抗R2との接続部分には、オペアンプ21の-入力端子からの「 $r_1 \times i_1$ 」で求められる電圧値の電圧が印加される。

## 【0097】

これにより、抵抗R2には、 $(r_1 \times i_1) / r_2$ で求められる電流値の電流（この電流を $i_2$ とする）が流れる。このことは、トランジスタTr1には、抵抗R3を介してエミッタおよびコレクタへと上記電流 $i_2$ が流れることを意味する。このようにしてトランジスタTr1に電流 $i_2$ が流れると、トランジスタTr2にも、抵抗R4を介してエミッタおよびコレクタへと上記電流 $i_2$ と同一の

値の電流（この電流を  $i_3$  とする）が流れる。

【0098】

すなわち、トランジスタ  $T_r2$  のコレクタつまり出力信号線①には、シャント抵抗  $R$  に流れる電流  $i_1$  に比例した電流  $i_3$  ( $= i_2 = (r_1 / r_2) \times i_1$ ) が流れる。

【0099】

図11は、図4に示すソレノイド駆動装置10の構成において、検出回路電源  $E$  をさらに詳細に示した構成図を示している。なお、ここでは、出力信号線①、②および電流／電圧変換回路5を省略している。

【0100】

検出回路電源  $E$  では、電解コンデンサ  $C40$  に、ダイオード  $D40$  を介して、負電極側が  $GND$  接続された直流電源  $E40$  の電圧が印加されて充電電流が流れるようになっている。このようにして充電電流が流れることで充電された電解コンデンサ  $C40$  の充電電圧は、電源電圧として電流検出回路4に供給される。すなわち、電流検出回路4の電源は、負荷電源  $VB$  とは別な電源（電界コンデンサ  $C40$  の充電電圧）を用いるようにしている。

【0101】

このため、直流電源  $E40$  は、オペアンプ21が正常に動作する電圧（電源電圧）たとえば8Vに応じた電源電圧とすることができる。また、電界コンデンサ  $C40$  の耐電圧も、オペアンプ21の電源電圧（例えば8V）に応じた電圧のものとすることができる。

【0102】

このような検出回路電源  $E$  では、スイッチ  $SW$  がオフ状態のときに、直流電源  $E40$  の電源電圧が、オン状態になっているダイオード  $D40$  を介して電解コンデンサ  $C40$  の+電極に印加される。そして、この電解コンデンサ  $C40$  は、ソレノイド1および  $GND$  を介して充電電流が流れる（図11中実線矢印で示す方向に流れる）ことにより充電される。

【0103】

一方、スイッチ  $SW$  がオフ状態からオン状態に変化すると、ソレノイド1のハ

イサイド側の電位が負荷電源VBと約同一の電圧（約28V）になるので、ダイオードD40はオン状態からオフ状態に変化する。これにより、電解コンデンサC40においては、直流電源E40による充電は行われず、既に充電された充電電圧が電流検出回路4に供給される。

#### 【0104】

このようにスイッチSWがオンオフ動作を繰り返すことで、上述したように電解コンデンサC40においては、充電と電流検出回路4への充電電圧の供給とが交互に繰り返されることになる。

#### 【0105】

すなわち、電解コンデンサC40では、電流検出回路4への充電電圧の供給とともにその充電電圧が低下するものの、パルス変調信号のデューティ比に従ったスイッチSWのスイッチングにおける次のオフ動作のときに直流電源E40による充電が行われるので、その充電電圧としては、電流検出回路4の電源電圧たとえばオペアンプ21の電源電圧（例えば8V）を保証することができる。

#### 【0106】

なお、上述したように検出回路電源Eをシンプルな構成にすることができるのは、パルス変調信号のデューティ比に従ってスイッチSWがスイッチングすることにより、ソレノイド1へ流れる電流を検出する電流検出回路4に対する電源電圧を供給するためのものだからである。

#### 【0107】

図12は、図4に示したソレノイド駆動装置10における電流／電圧変換回路5をさらに詳細に示した構成図を示している。

#### 【0108】

電流／電圧変換回路5は、図12に示すように、電流検出回路4からの出力信号線①とGNDとの間に、抵抗値がr50の抵抗R50が接続されている。また、出力信号線①と抵抗R50との接続部分には、抵抗50のその接続部分側の電位（一端がGNDに接続された抵抗R50の両端の電位の差）を出力するための出力信号線②が接続されている。すなわち、出力信号線②からは、GND基準の検出信号（検出電圧信号）が出力される。



## 【0109】

たとえば、シャント抵抗 $R$ に流れた電流 $i_1$ とゲイン $(r_1/r_2)$ との積に応じた電流 $i_3$ が、図10に示した電流検出回路4のトランジスタ $T_{r2}$ および出力信号線①を介して、図12に示した電流／電圧変換回路5の抵抗 $R_{50}$ に流れると、この電流 $i_3$ と抵抗 $R_{50}$ の抵抗値 $r_{50}$ との積で求まる電圧（電位）が出力信号線②から出力される。

## 【0110】

このような電流／電圧変換回路5の応用例を図13に示す。この応用例では、出力信号線②から出力される出力電圧（出力信号）を平均化するために、図13に示すように、図12に示した回路構成において抵抗 $R_{50}$ に対し並列にコンデンサ $C_{51}$ を設けている。

## 【0111】

次に、図4に示したソレノイド駆動装置10について、電流検出回路4、検出回路電源 $E$ および電流／電圧変換回路5を図10乃至図12に示した各構成要素の回路構成で表した全体構成図を、図14に示す。この全体構成図の細部については上述した通りであるので、ここではその説明については省略する。

## 【0112】

以上説明したように本実施形態によれば、下記に示す作用効果を得ることができる。

## 【0113】

(1) ソレノイド1とスイッチ $SW$ との間であって、しかもソレノイド1に対しハイサイド（負荷電源側）に電流検出回路4を設けているので、ソレノイド駆動装置10内のコントローラ（図示せず）によって複数のソレノイドを駆動制御する場合には、複数 $(N)$ のソレノイドの $GND$ 側をコモンにすることができることとなり、上記コントローラと複数 $(N)$ のソレノイドとを接続する信号線の数、 $「ソレノイドの数(N) + 1」$ で求められる値で良い。

## 【0114】

従って、本実施形態によれば、信号線の数が $「ソレノイドの数(N) \times 2」$ で求められる値分を必要とする上述した従来のソレノイド駆動装置と比較して、信

号線の数的大幅に削減することができる。

【0115】

このように信号線の数削減することができるということは、その信号線数の削減に伴って、信号線の導体部の露出に伴うGND接続された車両との接触不良を低減することができることを意味する。

【0116】

(2) また、上述したように複数(N)のソレノイドのGND側をコモンにした場合には、上記コントローラと複数(N)のソレノイドとを接続する信号線の本数は「ソレノイドの本数(N)+1」で求められる値で良いので、コントローラ内部に設けられるコネクタ3の端子数(ピン数)も「ソレノイドの本数(N)+1」で求められる値で良いことになる。

【0117】

従って、本実施形態によれば、コネクタのピン数が「ソレノイドの本数(N)×2」で求められる値分を必要とする上述した従来のソレノイド駆動装置と比較して、コネクタのピン数的大幅に削減することができる。

【0118】

また、コネクタのピン数を削減することができるので、そのピン数の削減に伴ってコネクタでの接続部分の接触不良を低減することができる。

【0119】

さらに、従来と比較してピン数的大幅に削減されるコネクタが配置されるプリント基板のサイズ(プリント配線領域の面積)を小さくすることができ、結果的にソレノイド駆動装置自体をコンパクトにすることができる。

【0120】

(3) さらに、電流検出回路4をソレノイド1に対しハイサイドに設けているので、GNDに接続された車体に信号線の導体部分が接触して、ソレノイド1が地落した場合であっても、電流検出回路4によって過電流を検出することができる。特に問題となっている不完全地落を検出することができる。勿論、完全地落も検出することができる。

【0121】

上記電流検出回路 4 は過電流検出回路の機能も有しているので、本実施形態では、従来の如く過電流検出回路を別途設ける、必要はない。

#### 【0122】

従って、本実施形態によれば、スイッチ SW やソレノイド 1 を過電流による故障から防止することができ、しかも、例えば過電流が発生した旨（地落している旨）を外部に報知することで、早急にメンテナンスを行うことが可能となる。

#### 【0123】

##### [第 2 の実施の形態]

この第 2 の実施形態は、電流検出回路の構成が異なっているという点で第 1 の実施形態とは相違している。

#### 【0124】

図 15 は、第 2 の実施形態に係るソレノイド駆動装置における電流検出回路 4 の回路構成を示す構成図である。

#### 【0125】

この電流検出回路 4 は、図 10 に示した第 1 の実施形態における電流検出回路 4 のカレントミラー 30 の構成において、2 つのトランジスタ  $Tr1$ 、 $Tr2$  及び 2 つの抵抗  $R3$ 、 $R4$  を削除し、オペアンプ 61、抵抗  $R61$ 、 $R62$  を追加した構成になっている。なお、同図において、図 10 に示した構成要素と同一の機能を果たす部分には同一符号を付している。

#### 【0126】

オペアンプ 61 においては、その－入力端子は電界効果トランジスタ FET のドレインおよび抵抗  $R61$  の一方と接続され、またその＋入力端子は抵抗  $R62$  の一方と接続され、さらにその出力端子は抵抗  $R61$  と抵抗  $R62$  の他方と接続されている。その＋入力端子と抵抗  $R62$  の一方との接続部分は、出力信号線①を介して電流／電圧変換回路 5 と接続されるようになっている。ここでは、抵抗  $R61$  の抵抗値を  $r61$ 、抵抗  $R62$  の抵抗値を  $r62$  とする。

#### 【0127】

次に、第 2 の実施形態における電流検出回路 4 の動作について説明する。

#### 【0128】

今、電流  $i_1$  が、一端が電流検出回路グランド基準になっているシャント抵抗  $R$  に流れたとすると、シャント抵抗  $R$  の両端の電位の差は「 $r_1 \times i_1$ 」で求められる電圧値となり、この「 $r_1 \times i_1$ 」で求められる電圧がオペアンプ 21 の + 入力端子に印加されることとなる。そして、オペアンプ 21 の 2 つの入力端子間はイマジナルショートであるという関係から、その - 入力端子の電位は、「 $r_1 \times i_1$ 」で求められる電圧値となる。

#### 【0129】

さて、「 $r_1 \times i_1$ 」で求められる電圧値の電位がオペアンプ 21 の + 入力端子に印加されると、オペアンプ 21 の出力端子からは所定の電圧が出力され、この電圧が電界効果トランジスタ FET のゲートに印加されて、電界効果トランジスタ FET がオフ状態からオン状態に変化する。

#### 【0130】

また、電界効果トランジスタ FET のソース  $S$  と抵抗  $R_2$  との接続部分には、オペアンプ 21 の - 入力端子からの「 $r_1 \times i_1$ 」で求められる電圧値の電圧が印加される。これにより、抵抗  $R_2$  には  $(r_1 \times i_1) / r_2$  で求められる電流値の電流（この電流を  $i_2$  とする）が流れる。この電流  $i_2$  は抵抗  $R_{61}$  にも流れる。

#### 【0131】

一方、オペアンプ 61 の 2 つの入力端間の電位の差はイマジナルショートの関係から 0 V となるので、その + 入力端子には電流  $i_2$  と抵抗  $R_{61}$  の抵抗値  $r_{61}$  との積で求められる電圧が印加される。すなわち、抵抗  $R_{62}$  には、 $(r_{61} \times i_2) / r_{62}$  で求められる電流値の電流（この電流を  $i_3$  とする）が流れることになる。

#### 【0132】

ここで、 $r_{61} = r_{62}$  とした場合には、抵抗  $R_{62}$  を介して電流／電圧変換回路 5 へ流れる電流（つまり電流  $i_3$ ）は、シャント抵抗  $R$  に流れる電流  $i_1$  に比例した電流  $i_3$ （ $= i_2 = (r_1 / r_2) \times i_1$ ）となる。勿論、抵抗値  $r_{61}$  と抵抗値  $r_{62}$  とを異ならせることで、電流  $i_2$  とは異なった電流値の電流  $i_3$  とすることもできる。

**【0133】**

以上説明したように第2の実施形態によれば、上述した第1の実施形態と同様の作用効果を期待することができる。

**【0134】****[第3の実施の形態]**

この第3の実施形態は、検出回路電源の構成が異なっているという点で第1及び第2の実施形態とは相違している。

**【0135】**

図16は、第3の実施形態に係るソレノイド駆動装置における検出回路電源Eの回路構成を示す構成図である。

**【0136】**

この検出回路電源Eは、図11に示した検出回路電源Eにおいて、ダイオードD40および電源E40を削除した構成になっている。なお、同図において、図11に示した構成要素と同一の機能を果たす部分には同一符号を付している。

**【0137】**

第3の実施形態に係る検出回路電源Eでは、図16に示すように、電解コンデンサC40は、負荷電源VBから電圧が供給されて充電電流が流れるようになっている。

**【0138】**

このような検出回路電源Eにおいても、図11に示した第1の実施形態の検出回路電源Eと同様に、スイッチSWがオフ状態のときに、負荷電源VBの電源電圧が電解コンデンサC40の+電極に印加されるので、この電解コンデンサC40は、ソレノイド1を介して充電電流が流れる（図11中実線矢印で示す方向に流れる）ことにより充電される。

**【0139】**

一方、スイッチSWがオフ状態からオン状態に変化すると、ソレノイド1のハイサイド側の電位つまり電解コンデンサC40の-電極側は、負荷電源VBと約同一の電位（約28V）となり、また電解コンデンサC40の+電極側も負荷電源VBと約同一の電位（約28V）となる。これにより、電解コンデンサC40

においては、電源 E 40 による充電は行われず、既に充電された充電電圧が電流検出回路 4 に供給される。

#### 【0140】

このようにスイッチ SW がオンオフ動作を繰り返すことで、上述したように電解コンデンサ C 40 においては、充電と電流検出回路 4 への充電電圧の供給とが交互に繰り返されることになる。

#### 【0141】

この図 16 に示した検出回路電源 E では、1 つの電解コンデンサ C 40 を用いて検出回路電源 E を実現できるので、第 1 の実施形態と比較して、より一層シンプルな構成とすることができる。

#### 【0142】

一方、電流検出回路 4 のオペアンプ 21（図 10 参照）は、負荷電源 VB の電源電圧たとえば 28 V に応じた電源電圧であって、その電圧に十分耐えうるもの、つまり耐電圧の高いものを使用する必要がある。また、電解コンデンサ C 40 も、負荷電源 VB の電源電圧たとえば 28 V に耐えうる耐電圧のものを使用する必要がある。

#### 【0143】

次に、第 3 の実施形態に係るソレノイド駆動装置における検出回路電源の他の例を、図 17 及び図 18（a）、（b）を参照して説明する。

#### 【0144】

図 17 に示す検出回路電源 E は、図 11 に示した検出回路電源 E において、ダイオード D 40 および電源 E 40 を削除し、整流回路 71、スイッチ回路 72、トランス T 70 および電源 E 70 を追加した構成になっている。なお、同図において、図 11 に示した構成要素と同一の機能を果たす部分には同一符号を付している。

#### 【0145】

この検出回路電源 E では、直流電源 E 70 の電源電圧を、スイッチング動作するスイッチ回路 72、1 次と 2 次が所定の巻き数比で構成されているトランス T 70 および整流回路 71 を介して電解コンデンサ C 40 に供給するようになって

いる。

#### 【0146】

そのため、電流検出回路4のオペアンプ21（図10参照）は、負荷電源VBの電源電圧に影響されことなく任意の電源電圧（例えば8V）のものを使用することができる。また、電解コンデンサC40も、オペアンプ21の電源電圧に応じた耐電圧のものを使用することができる。

#### 【0147】

これに対して図18（a）に示す検出回路電源Eは、図11に示した検出回路電源Eにおいて、電解コンデンサC40、ダイオードD40および電源E40を削除し、バッテリーBATを追加した構成になっている。なお、同図において、図11に示した構成要素と同一の機能を果たす部分には同一符号を付している。

#### 【0148】

バッテリーBATは、電流検出回路4のオペアンプ21の電源電圧と同等の電圧とする。この場合、スイッチSWのオンオフ動作に関係なく常時、バッテリーBATの電圧を電流検出回路4に供給することができる。

#### 【0149】

また、図18（b）に示す検出回路電源Eは、図11に示した検出回路電源Eにおいて、ダイオードD40および電源E40を削除し、定電圧回路E50を追加した構成になっている。なお、同図において、図11に示した構成要素と同一の機能を果たす部分には同一符号を付している。

#### 【0150】

定電圧回路E50は、ツェナダイオードZD51とトランジスタTr52と抵抗R53とから構成されている。また、電源VB2は、「電源VB2の電圧>負荷電源VBの電圧+電流検出回路電源の電圧（電流検出回路4の電源電圧）」の関係が成立するような電源電圧に設定されている。

#### 【0151】

かかる検出回路電源Eの構成によれば、スイッチSWのオンオフ動作に関係なく、電流検出回路4には、常に、電流検出回路電源（電流検出回路4の電源電圧）以上の電圧が供給される。しかも、例えば図18（b）に示した定電圧化する

回路（定電圧回路 50）を用いているので、常に安定した電圧を電流検出回路 4 に供給することができる。

#### 【0152】

以上説明したように第 3 の実施形態によれば、上述した第 1 及び第 2 の実施形態と同様の作用効果を期待することができる。

#### 【0153】

##### [第 4 の実施の形態]

この第 4 の実施形態は、電流／電圧変換回路の構成が異なっているという点で第 1 乃至第 3 の実施形態とは相違している。

#### 【0154】

図 19 は、第 4 の実施形態に係るソレノイド駆動装置における電流／電圧変換回路 5 の回路構成を示す構成図である。

#### 【0155】

この電流／電圧変換回路 5 においては、図 19 に示すように、オペアンプ 81 は、その＋入力端子には、負電極側が GND に接続された直流電源 E 80 の正電極側が接続され、またその－入力端子には抵抗 R 82 の一方と出力信号線①とが接続され、さらにその出力端子には抵抗 R 82 の他方および出力信号線②が接続されている。

#### 【0156】

次に、この電流／電圧変換回路 5 の動作について説明する。

#### 【0157】

ここでは、直流電源 E 80 の電圧値を  $V_{in}$  とし、また抵抗 R 82 の抵抗値を  $r_{82}$  とする。

#### 【0158】

たとえば、図 10 に示したシャント抵抗 R に流れる電流  $i_1$  とゲイン ( $r_1 / r_2$ ) との積に応じた電流  $i_3$  が、電流検出回路 4 のトランジスタ  $T_{r2}$  および出力信号線①を介して、図 19 に示した電流／電圧変換回路 5 に向かって流れたとする。

#### 【0159】



電流／電圧変換回路 5 では、オペアンプ 81 の 2 つの入力端子間はイマジナルショートがあるので、その一入力端子には直流電源 E 80 と同一の電圧値  $V_{in}$  の電圧が印加されることになる。また、上記電流  $i_3$  は一入力端子には流れず、抵抗 R 82 に流れるので、その抵抗 82 には抵抗値  $r_{82}$  と電流  $i_3$  との積で求まる電位（電圧降下）が生じる。その結果、オペアンプ 81 の出力端子からは、「 $V_{in} - (r_{82} \times i_3)$ 」で求められる電圧値の電圧が出力される。

#### 【0160】

このようにオペアンプ 81 の出力端子つまり出力信号線②から出力される出力電圧は、シャント抵抗 R に流れた電流  $i_1$  とゲイン ( $r_1 / r_2$ ) との積に応じた電流  $i_3$  が電圧変換された信号であって、しかも GND 基準の検出信号（検出電圧信号）ということになる。

#### 【0161】

以上説明したように第 4 の実施形態によれば、第 1 乃至第 3 の実施形態と同様の作用効果を期待することができる。

#### 【0162】

##### [第 5 の実施の形態]

この第 5 の実施形態では、第 1 乃至第 3 の実施形態に係るソレノイド駆動装置の動作の安定化を図るようにしたものである。

#### 【0163】

ところで、第 1 乃至第 3 の実施形態に係るソレノイド駆動装置では、電流／電圧変換回路として図 12 に示した回路を採用するようにしている。すなわち、例えば図 4 に示した第 1 の実施形態に係るソレノイド駆動装置 10 は、その電流／電圧変換回路を図 12 に示した回路構成で表した場合には、図 20 に示す回路構成となる。

#### 【0164】

この図 20 から明らかなように、電流検出回路 4 の出力つまり出力信号線①は、電流／電圧変換回路 5 の抵抗 R 50 を介して GND に接続されている。このような回路構成では、スイッチ SW によるスイッチングの際、出力信号線①と GND との間に発生する結合容量 C 90 を通して流れる電流によって電流検出回路 4

が揺さぶられ、動作が不安定になる。つまり電流検出回路グランドから、電流検出回路 4 の出力を見ると、スイッチ SW によるスイッチングのときに、電流検出回路 4 の出力（出力信号線①の出力）が大きく揺さぶられている。

#### 【0165】

そこで、この第 5 の実施形態では、上述したようなソレノイド駆動装置 10 における電流検出回路 4 の動作を安定化するようにしている。

#### 【0166】

この電流検出回路 4 の動作の安定化を図るようにしたソレノイド駆動装置 10 の構成図を、図 21 に示す。

#### 【0167】

図 21 に示すソレノイド駆動装置 10 は、図 4 に示した第 1 の実施形態に係るソレノイド駆動装置 10 の構成において、検出回路電源 E を図 11 に示した構成要素とし、また電流／電圧変換回路 5 を図 12 に示した構成要素とし、さらにベース接地回路 B E C を追加した構成になっている。

#### 【0168】

このベース接地回路 B E C は電流検出回路 4 の出力部つまり出力信号線①と電流／電圧変換回路 5 との間に設けられている。

#### 【0169】

ベース接地回路 B E C では、検出回路電源 E を構成している電解コンデンサ C 40 の両電極間に、抵抗 R 91 と抵抗 R 92 とが直列に接続された直列回路が設けられ、その直列回路における 2 つの抵抗の接続点とトランジスタ T r 3 のベースとが接続されている。そのベースには、抵抗 R 91 と抵抗 R 92 との抵抗比に応じて抵抗 R 92 に発生する電位が印加されるようになっている。

#### 【0170】

また、トランジスタ T r 3 のベースと電流検出回路グランド（コンデンサ C 40 の一電極側）間に、そのベースに印加される電位（電圧）を安定化させるためのコンデンサ C 93 が設けられている。一方、トランジスタ T r 3 のエミッタは電流検出回路 4 の出力部つまり出力信号線①と接続され、そのコレクタは電流／電圧変換回路 5 の抵抗 R 50 と接続されている。

## 【0171】

このようなベース接地回路BECにおいては、トランジスタTr3のベース電位（ベースVbase）は、電流検出回路グランドからみて、安定している。

## 【0172】

また、トランジスタTr3のエミッタ電位（ベース電位Vbase+ベースエミッタ間電圧VBE）すなわち電流検出回路4の出力（つまり出力信号線①）は、電流検出回路グランドからみて、安定している。

## 【0173】

なおトランジスタTr3のコレクタは、スイッチSWによるスイッチングの際に、そのコレクタとGND間に発生する結合容量C90が発生するので、電流検出回路グランドからみて、大きく揺さぶられる。しかし、その結合容量C90を流れる電流はベース電位Vbaseにより供給されるので、結合容量C90による電流検出回路4への影響はない。

## 【0174】

一方、上述したように出力信号線①は、電流検出回路グランドからみて安定したエミッタ電位となるトランジスタTr3のエミッタに接続されているので、電流検出回路4からの出力電流は、電流検出回路グランドからみて安定したトランジスタTr3のエミッタ電位に向かって出力されることとなる。

## 【0175】

このため、電流検出回路4は、スイッチSWによるスイッチングのとき、出力が揺さぶられることはなく、安定した動作を行うことができる。

## 【0176】

以上説明したように第5の実施形態によれば、上述した第1乃至第3の実施形態と同様の作用効果を期待することができる。

## 【0177】

さらに第5の実施形態では、電流検出回路4は、安定した電位（トランジスタTr3のエミッタ電位）に向かって電流を流していることになるので、安定した動作を行うことができる。つまり、ソレノイド駆動装置とくに電流検出回路の動作の安定化を図ることができる。従って、電流検出回路により検出された検出信

号（出力電流信号）も安定となる。

#### 【0178】

##### [第6の実施の形態]

この第6の実施形態は、ソレノイドとスイッチ手段との間であって、当該ソレノイドに対しローサイド（GND側）に電流検出回路を設けるようにした点で、そのソレノイドに対しハイサイド（負荷電源側）に電流検出回路を設けるようにした第1乃至第5の実施形態とは相違している。

#### 【0179】

図22は、第6の実施形態に係るソレノイド駆動装置100の原理を示す原理図である。

#### 【0180】

ソレノイド駆動装置100は、図1に示した本発明に係るソレノイド駆動装置10の構成において、スイッチSWと電流検出回路4とフリーホイールダイオードDの配置を変更した構成になっている。なお、同図22において、図1に示した構成要素と同一の機能を果たす部分には同一符号を付している。

#### 【0181】

スイッチSWと電流検出回路4とが直列に接続された直列回路において、スイッチSWの一端をGNDに接続し、一方、電流検出回路4の一端（入力側）をコネクタ3の端子部3Bに接続している。

#### 【0182】

そして、負荷電源VBとコネクタ3の端子部3Aとの第1の接続点と、電流検出回路4とスイッチSWとの第2の接続点との間には、その第1の接続点にカソードが接続され、またその第2の接続点にアノードが接続されたフリーホイールダイオードDが設けられている。

#### 【0183】

かかる構成のソレノイド駆動装置100では、電流検出回路4は、スイッチSWがパルス変調信号に従ってオンオフ動作することによりオン状態になったときに、負荷電源VBの正電極側、コネクタ3、信号線2A、ソレノイド1、信号線2Bおよびコネクタ3を介して流れてくる電流を検出し、この検出した結果を図

示しない他の処理部へ出力する。

#### 【0184】

一方、スイッチSWがオン状態からオフ状態に変化したときには、ソレノイド1に発生した逆起電力によって、ソレノイド1から電流検出回路4およびフリーホイールダイオードD4へと電流が流れる（図22中点線矢印で示される方向に電流が流れる）。

#### 【0185】

なお、このソレノイド駆動装置100では、電流検出回路4がソレノイド1に対しローサイドに設けられているので、図29に示した従来のソレノイド駆動装置の如く、コントローラ外のソレノイド1とコントローラ（のコネクタ3）とを接続するための信号線の導体部分が露出し車体に接触して、ソレノイド1が不完全地落あるいは完全地落した場合には、その不完全地落あるいは完全地落を検出することができない。すなわち、図29に示したソレノイド1からGND（GND接続された車体）へ流れる電流*i*2を検出することができない。

#### 【0186】

したがって、電流検出回路4をソレノイド1に対しローサイドに設ける場合には、例えばソレノイド1の過電流防止の観点から、ソレノイド1に対しハイサイド側に過電流防止回路を設けるようにした方が好ましい。

#### 【0187】

次に、図22に示した本発明に係るソレノイド駆動装置100において、複数のソレノイドを駆動するための原理について説明する。ここでは、ソレノイドが2つの場合について説明する。

#### 【0188】

図23は、2つのソレノイドを駆動するためのソレノイド駆動装置100の原理を示す原理図である。

#### 【0189】

図23において、スイッチSW-1、SW-2、電流検出回路4-1、4-2、ソレノイド1-1、1-2、およびフリーホイールダイオードD-1、D-2はそれぞれ図22に示したスイッチSW、電流検出回路4、ソレノイド1、およ

びフリーホイールダイオードDと同様の機能を有している。

#### 【0190】

また、図23において、コネクタ3の端子部P1は図22に示したコネクタ3の端子部3Aに相当し、コネクタ3の端子部P2、P3は図22に示したコネクタ3の端子部3Bに相当する。すなわち、ソレノイド1-1とソレノイド1-2における負荷電源VB側に接続される各一端部はコモンになっている。

#### 【0191】

したがって、ソレノイド駆動装置100内のコントローラ（図示せず）によって複数のソレノイドを駆動制御する場合には、複数（N）のソレノイドのハイサイド側をコモンにすることができることとなり、上記コントローラと複数（N）のソレノイドとを接続する信号線の数、「ソレノイドの数（N）+1」で求められる値で良く、このためコネクタ3の端子部の数（ピン数）も、「ソレノイド数（N）+1」で求められる値で良いことになる。

#### 【0192】

図24は、ソレノイド駆動装置100の詳細な構成を示す全体構成図であり、このソレノイド駆動装置100は、図14に示した第1の実施形態に係るソレノイド駆動装置10とは、スイッチSWと電流検出回路4とフリーホイールダイオードDの配置が異なっているものの、基本的には構成要素の構成そのものは同一となっている。なお、同図24において、図14に示した構成要素と同一の機能を果たす部分には同一符号を付している。また、この全体構成図の細部については上述した通りであるので、ここではその説明については省略する。

#### 【0193】

以上説明したように第6の実施形態によれば、ソレノイド1とスイッチSWとの間であって、しかもソレノイド1に対しローサイド（GND側）に電流検出回路4を設けているので、上述した第1の実施形態の作用効果（1）及び（2）を期待することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【図1】

図1は本発明に係るソレノイド駆動装置の原理を説明するための原理図である

## 【図 2】

図 2 は本発明に係るソレノイド駆動装置の原理を説明するための原理図である。

## 【図 3】

図 3 は本発明に係るソレノイド駆動装置の原理を説明するための原理図である。

## 【図 4】

図 4 は第 1 の実施形態に係るソレノイド駆動装置の構成を示す構成図である。

## 【図 5】

図 5 は第 1 の実施形態に係るソレノイド駆動装置の電流検出回路の出力形態を電流出力とし、かつこの出力電流を GND 基準の電圧信号に変換する根拠を説明するための図である。

## 【図 6】

図 6 は第 1 の実施形態に係るソレノイド駆動装置の電流検出回路の出力形態を電流出力とし、かつこの出力電流を GND 基準の電圧信号に変換する根拠を説明するための図である。

## 【図 7】

図 7 は第 1 の実施形態に係るソレノイド駆動装置の電流検出回路の出力形態を電流出力とし、かつこの出力電流を GND 基準の電圧信号に変換する根拠を説明するための図である。

## 【図 8】

図 8 は第 1 の実施形態に係るソレノイド駆動装置の電流検出回路の出力形態を電流出力とし、かつこの出力電流を GND 基準の電圧信号に変換する根拠を説明するための図である。

## 【図 9】

図 9 は第 1 の実施形態に係るソレノイド駆動装置の電流検出回路の構成を示す構成図である。

## 【図 10】

図 10 は図 9 に示した電流検出回路を更に詳細に示した構成を示す構成図である。

【図 11】

図 11 は第 1 の実施形態に係るソレノイド駆動装置の検出回路電源の構成を示す構成図である。

【図 12】

図 12 は第 1 の実施形態に係るソレノイド駆動装置の電流／電圧変換回路の構成を示す構成図である。

【図 13】

図 13 は図 12 に示した電流／電圧変換回路の応用例を示す構成図である。

【図 14】

図 14 は図 4 に示した第 1 の実施形態に係るソレノイド駆動装置の電流検出回路、検出回路電源および電流／電圧変換回路を図 10 乃至図 12 に示した各構成要素の構成で示した構成図である。

【図 15】

図 15 は第 2 の実施形態に係るソレノイド駆動装置における電流検出回路の構成を示す構成図である。

【図 16】

図 16 は第 3 の実施形態に係るソレノイド駆動装置における検出回路電源の構成を示す構成図である。

【図 17】

図 17 は第 3 の実施形態に係るソレノイド駆動装置における他の検出回路電源の構成を示す構成図である。

【図 18】

図 18 (a)、(b) は第 3 の実施形態に係るソレノイド駆動装置における他の検出回路電源の構成を示す構成図である。

【図 19】

図 19 は第 4 の実施形態に係るソレノイド駆動装置における電流／電圧変換回路の構成を示す構成図である。



**【図 20】**

図 20 は第 5 の実施形態に係るソレノイド駆動装置における電流検出回路の動作の安定化を説明するための図である。

**【図 21】**

図 21 は第 5 の実施形態に係るソレノイド駆動装置における電流検出回路の動作の安定化を説明するための図である。

**【図 22】**

図 22 は本発明に係る他のソレノイド駆動装置の原理を説明するための原理図である。

**【図 23】**

図 23 は本発明に係る他のソレノイド駆動装置の原理を説明するための原理図である。

**【図 24】**

図 24 は第 6 の実施形態に係るソレノイド駆動装置の構成を示す構成図である。

**【図 25】**

図 25 は従来のソレノイド駆動装置の構成を示す構成図である。

**【図 26】**

図 26 は従来のソレノイド駆動装置の構成を示す構成図である。

**【図 27】**

図 27 は従来のソレノイド駆動装置の構成を示す構成図である。

**【図 28】**

図 28 は従来のソレノイド駆動装置の構成を示す構成図である。

**【図 29】**

図 29 は従来のソレノイド駆動装置における地落した場合の動作を説明するための図である。

**【符号の説明】**

1、1-1、1-2 ソレノイド

2A、2B 信号線

3 コネクタ

4、4-1、4-2 電流検出回路

5 電流／電圧変換回路

D、D-1、D-2 フリーホイールダイオード

E 検出回路電源

VB 負荷電源

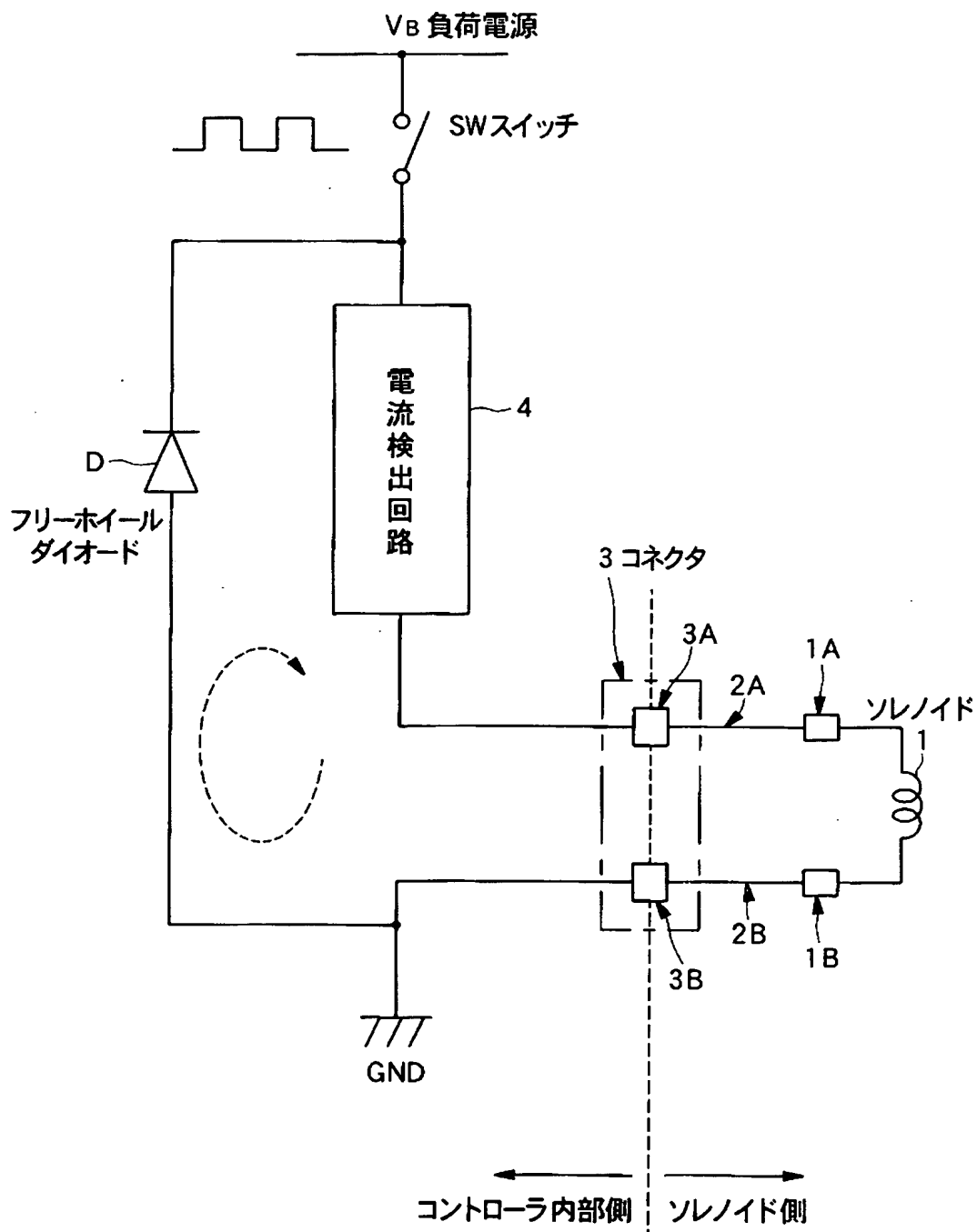
SW、SW-1、SW-2 スイッチ

【書類名】 図面

【図 1】

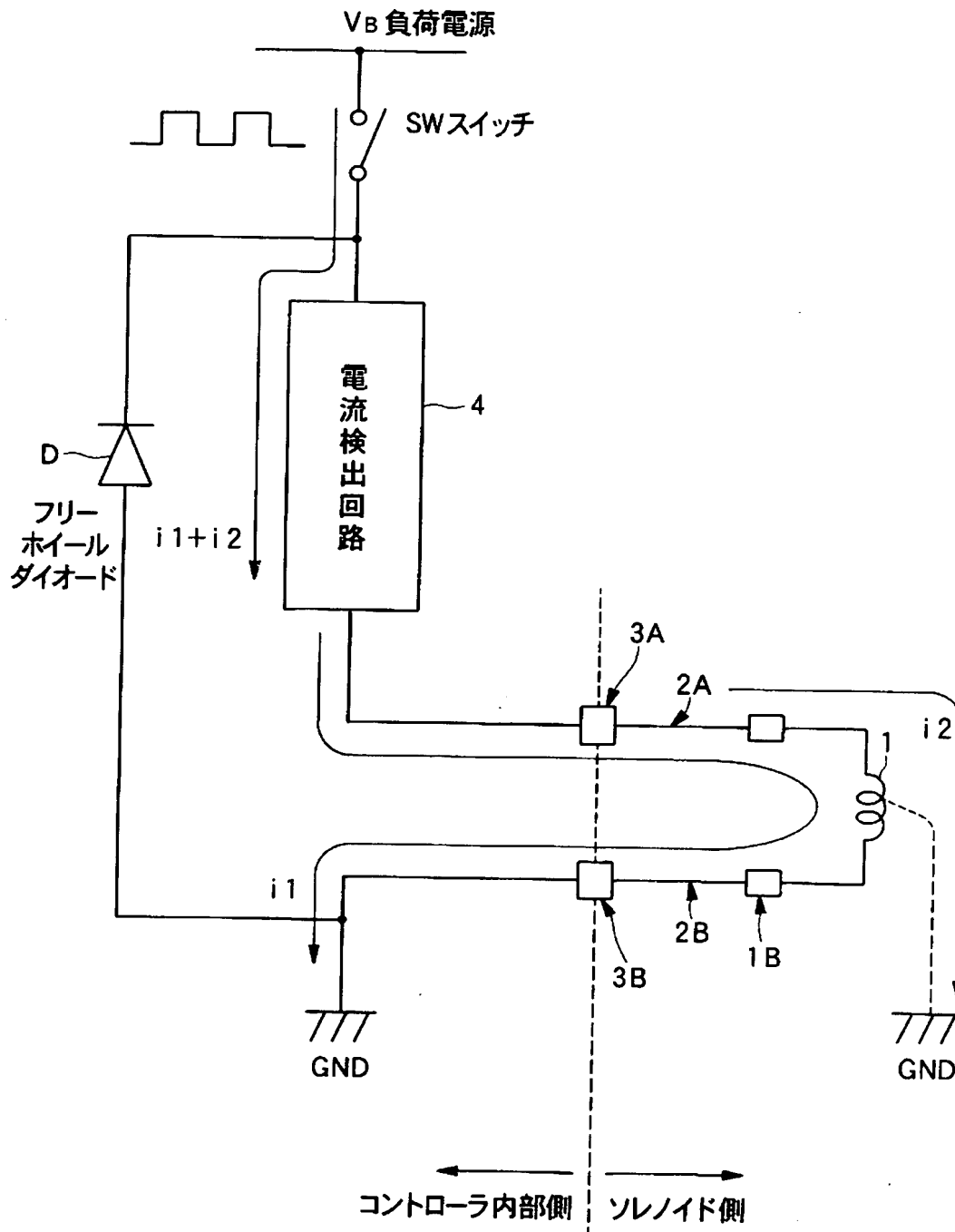
## 本発明の原理を示す図

## 10 ソレノイド駆動原理



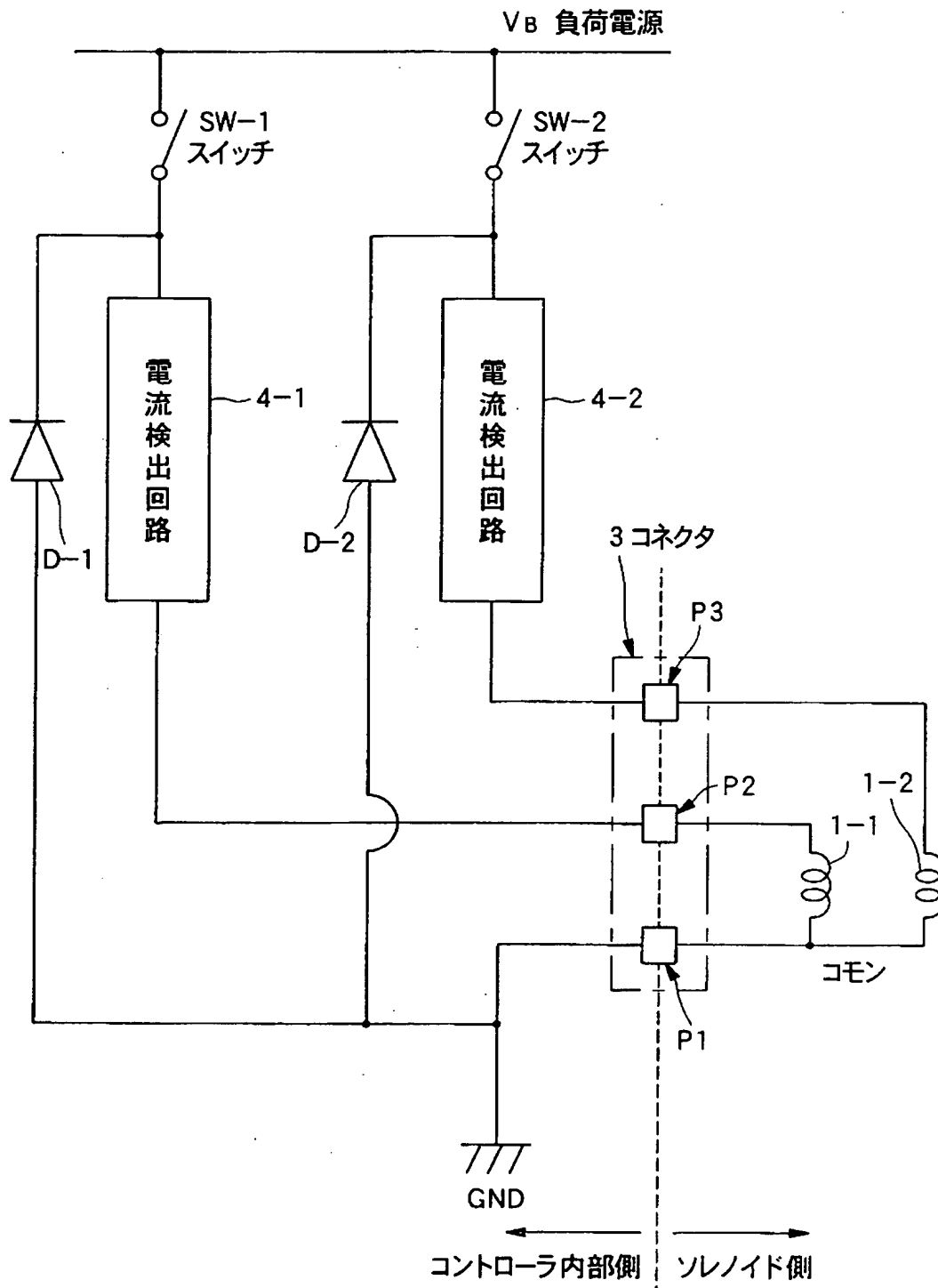
【図 2】

本発明の原理を示す図

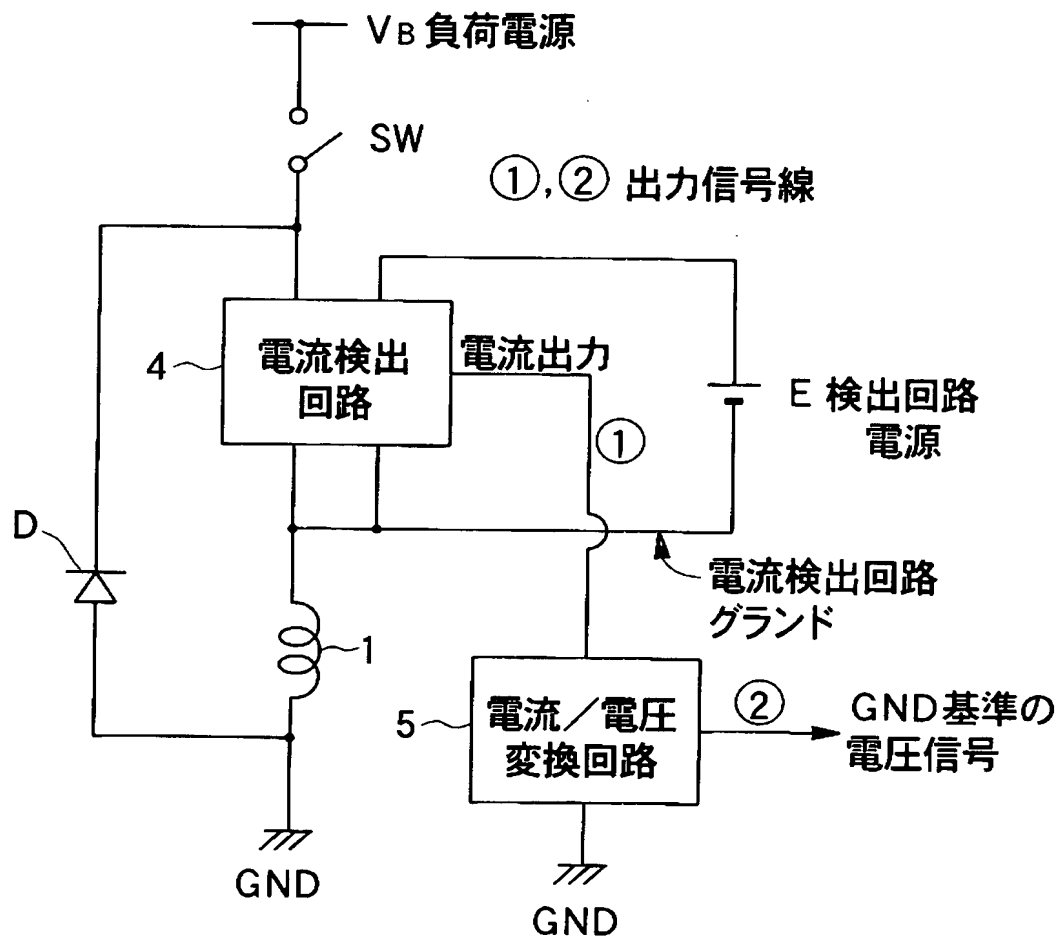


【図 3】

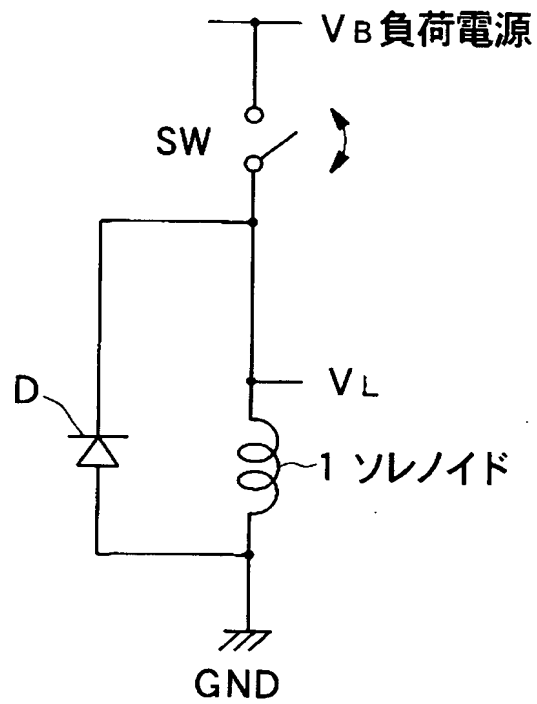
本発明の原理を示す図



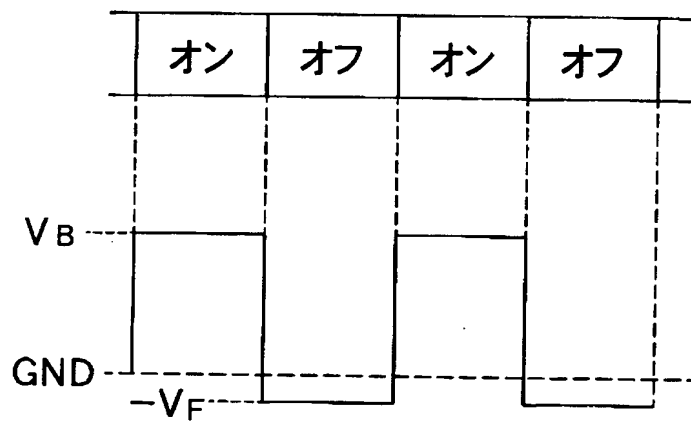
【図 4】

第 1 の実施形態の構成を示す図1.0 ソレノイド駆動装置

【図 5】



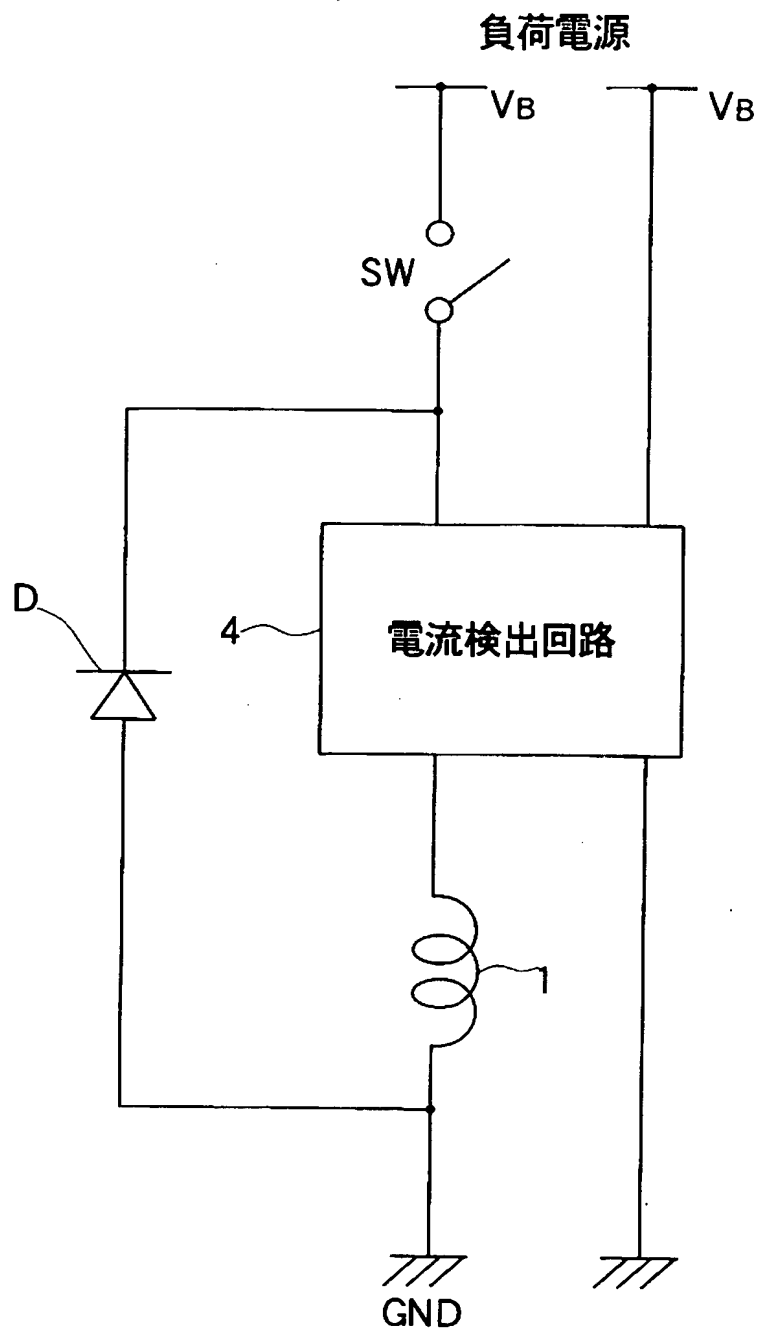
(a)



$V_F$  : フリーホイールダイオードDの順方向電圧

(b)

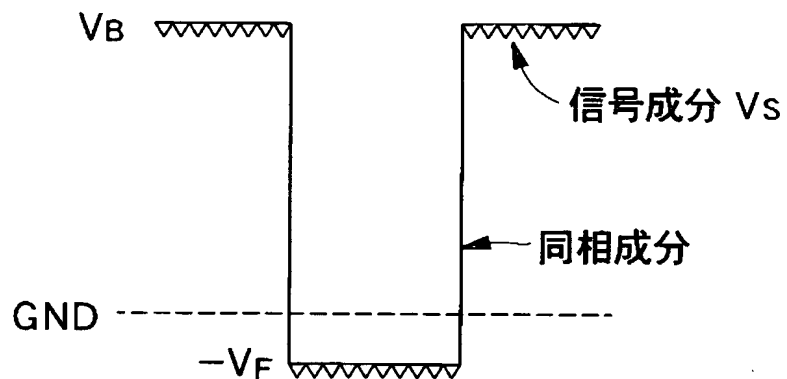
【図 6】



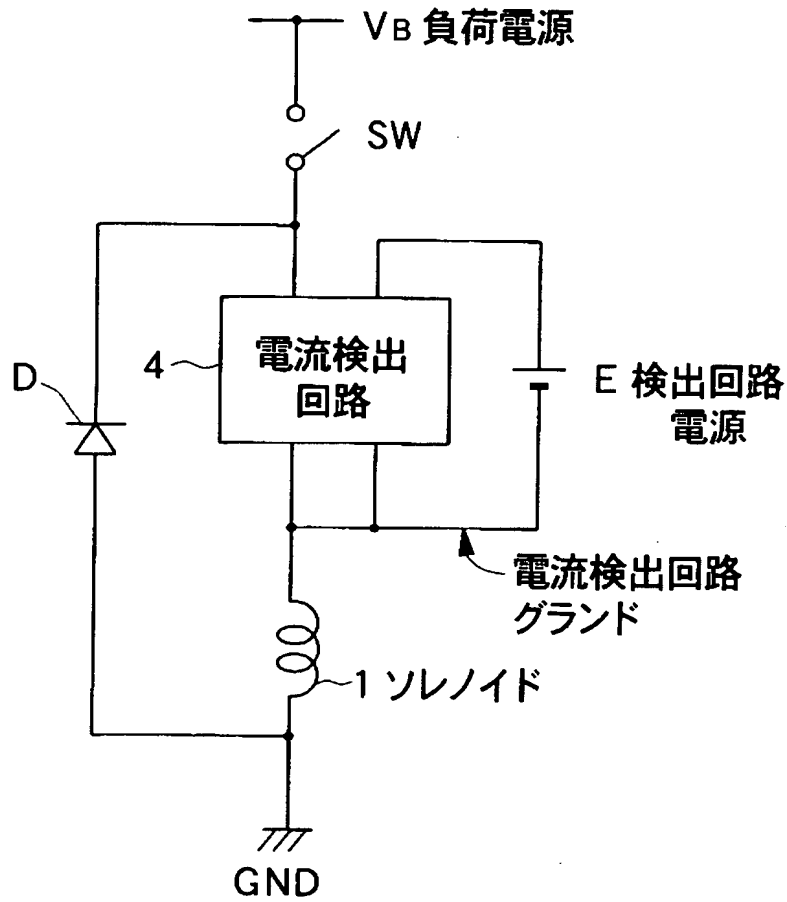


【図 7】

電流検出回路 4 の入力信号波形

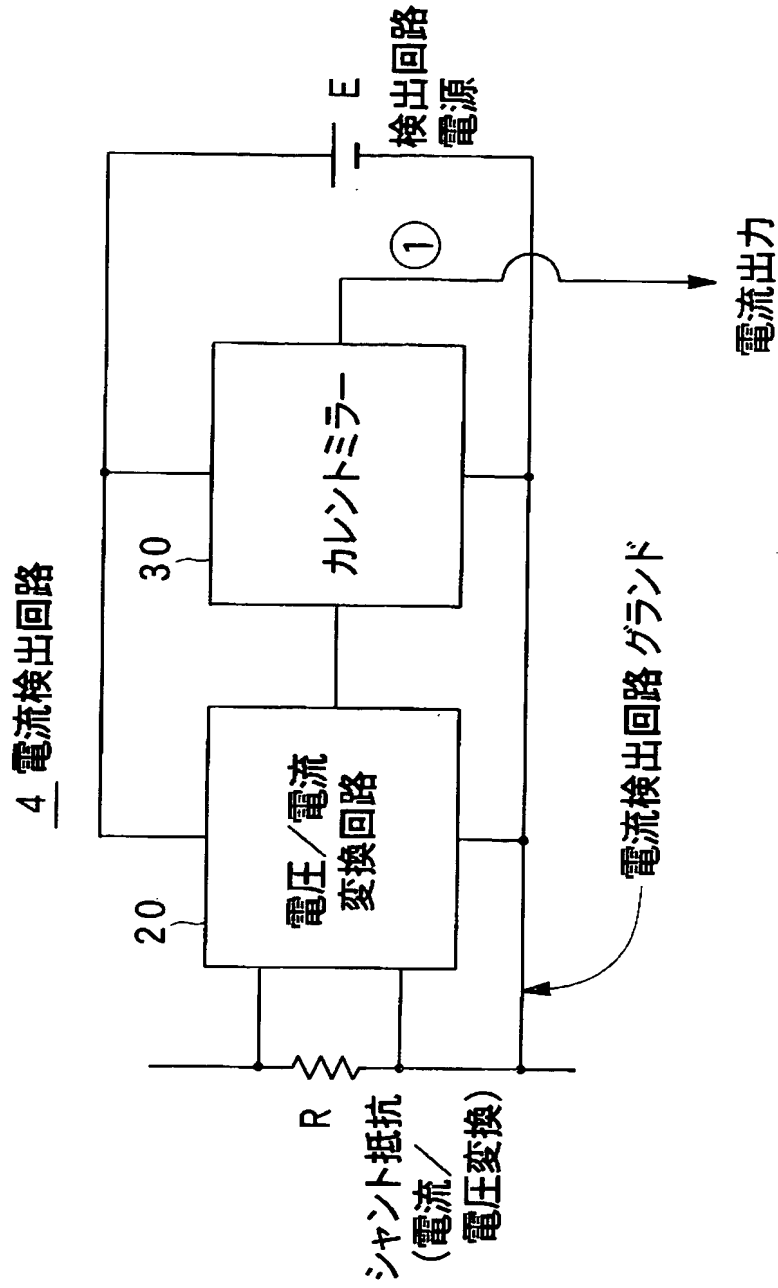


【図 8】



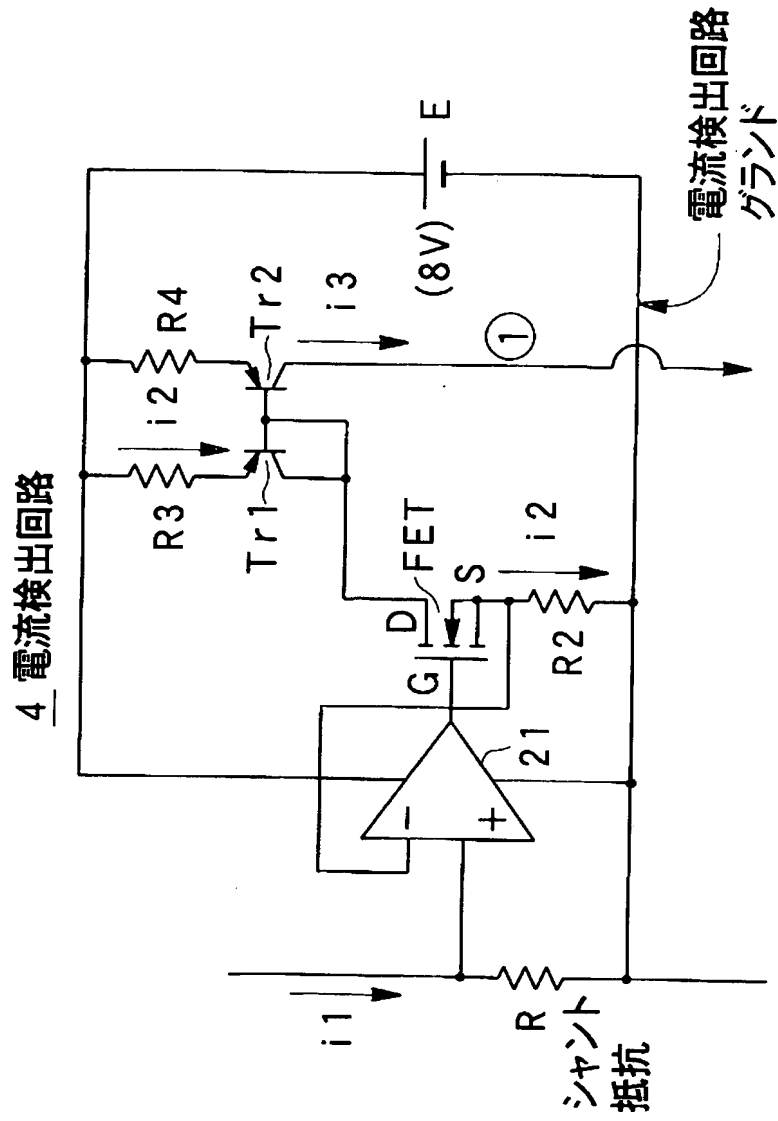
【図 9】

第 1 の実施形態に係る電流検出回路を示す図



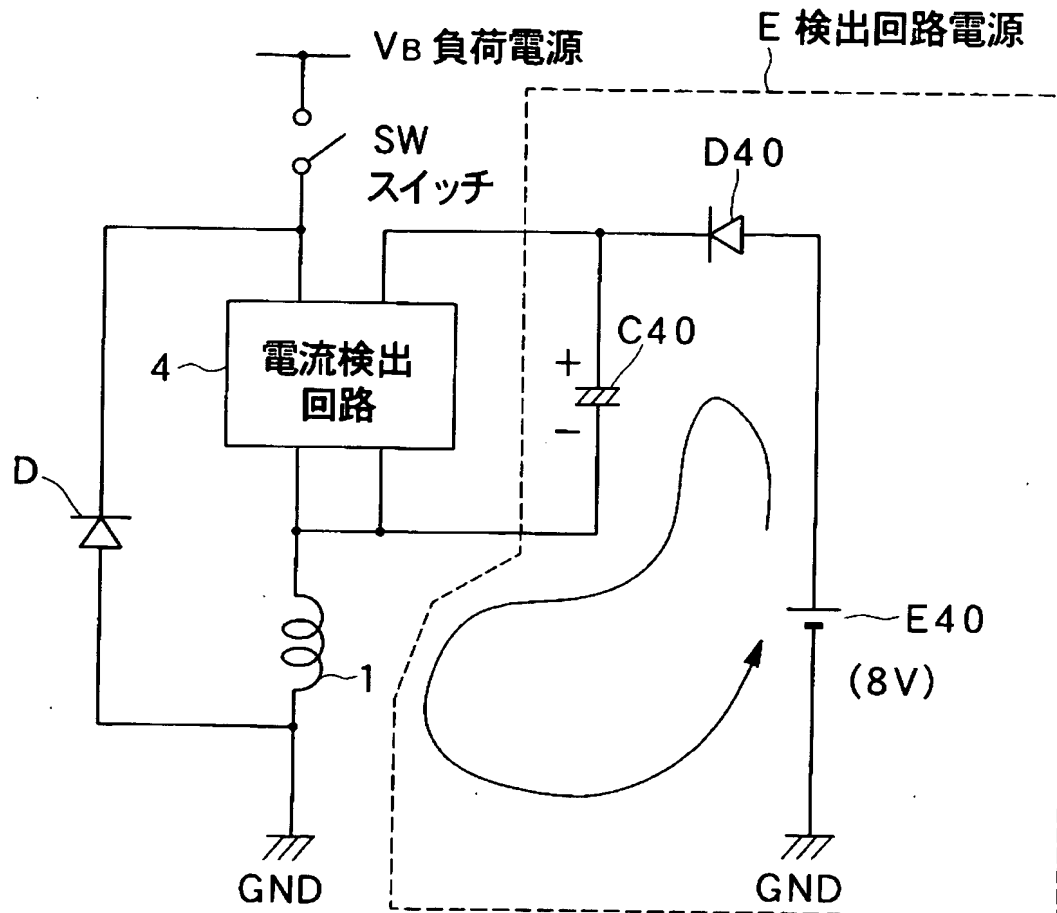
【図 10】

第1の実施形態に係る電流検出回路を示す図

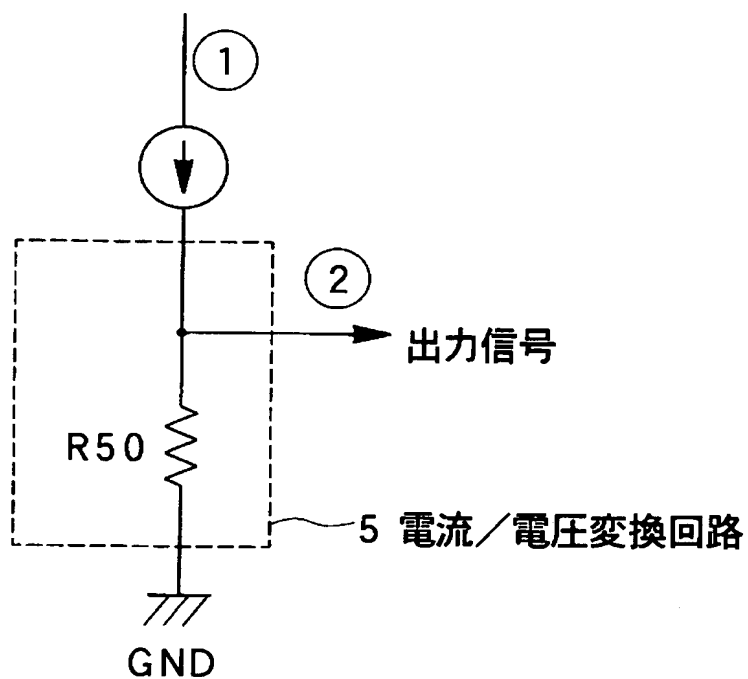


【図 11】

第 1 の実施形態に係る検出回路電源を示す図

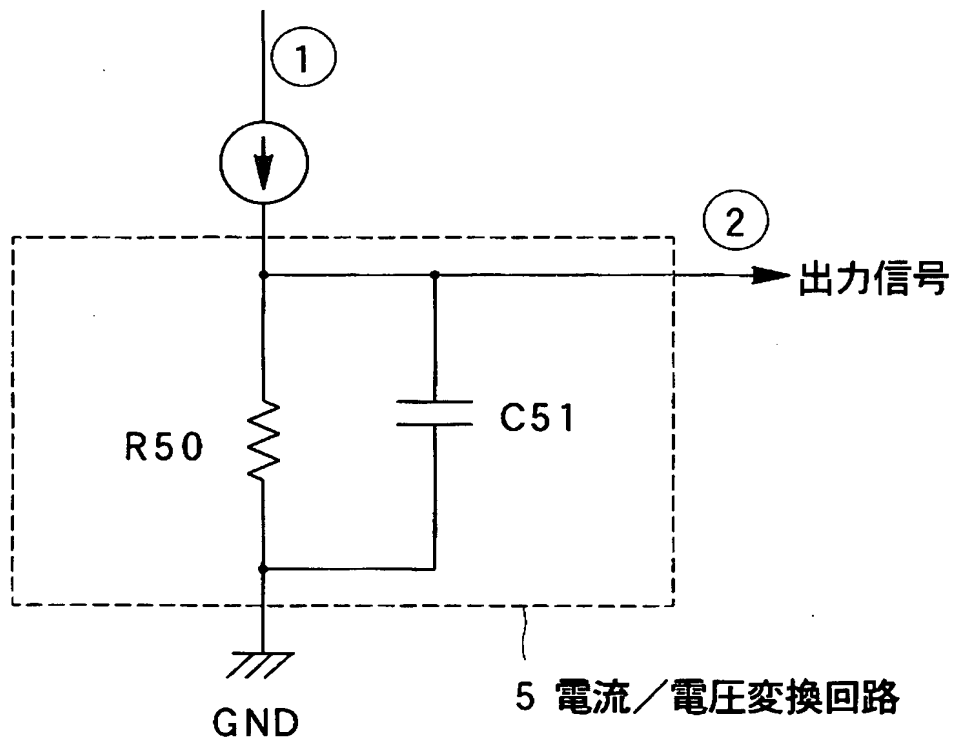


【図 12】

第 1 の実施形態に係る電流／電圧変換回路を示す図

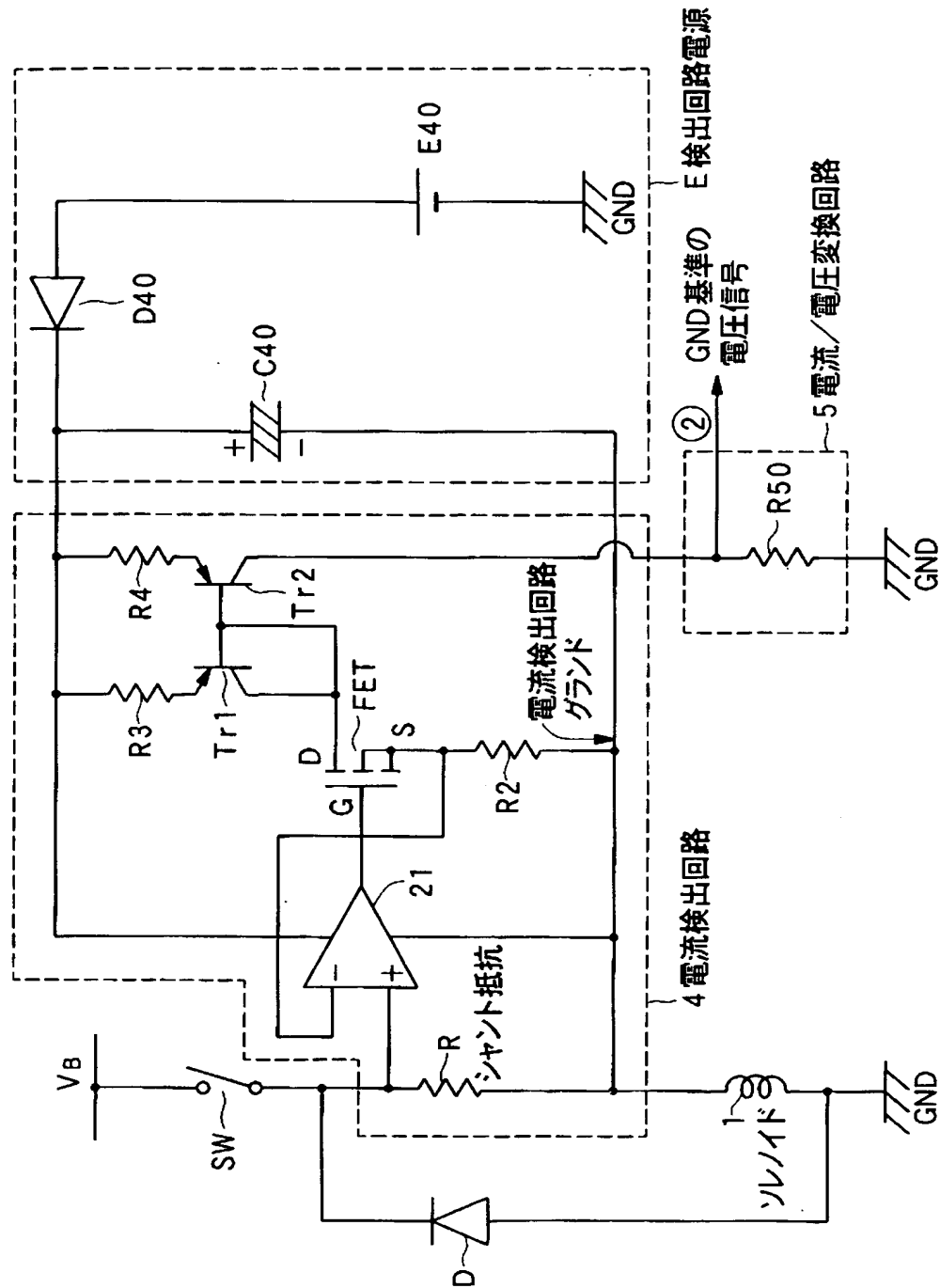
【図 13】

電流／電圧変換回路 5 の応用例



【図 14】

10 ソレノイド駆動装置 (第1の実施形態)

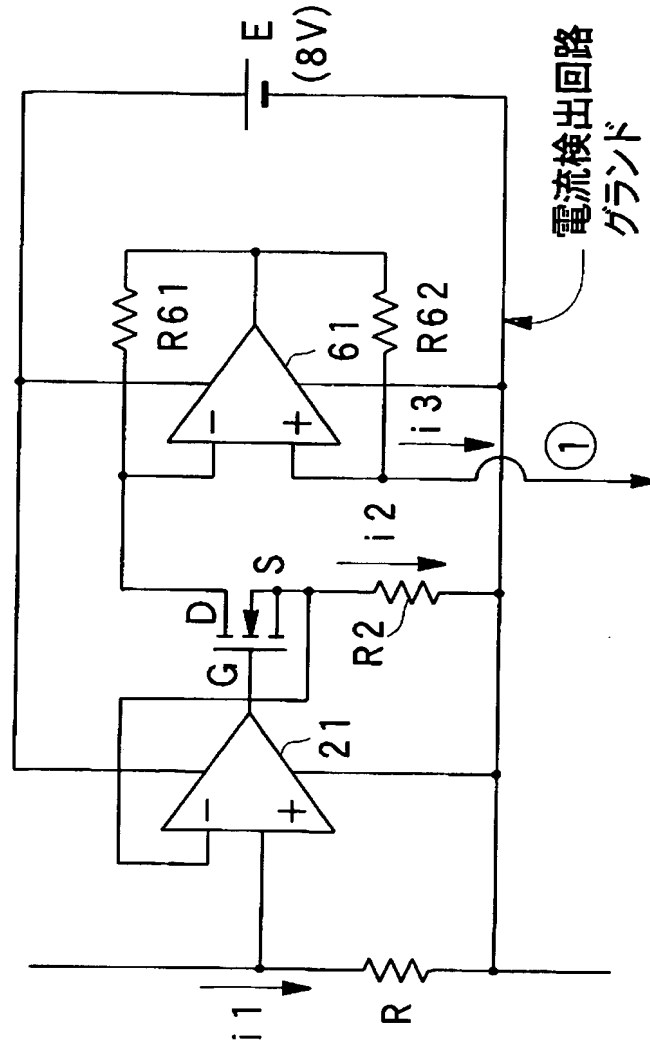




【図 15】

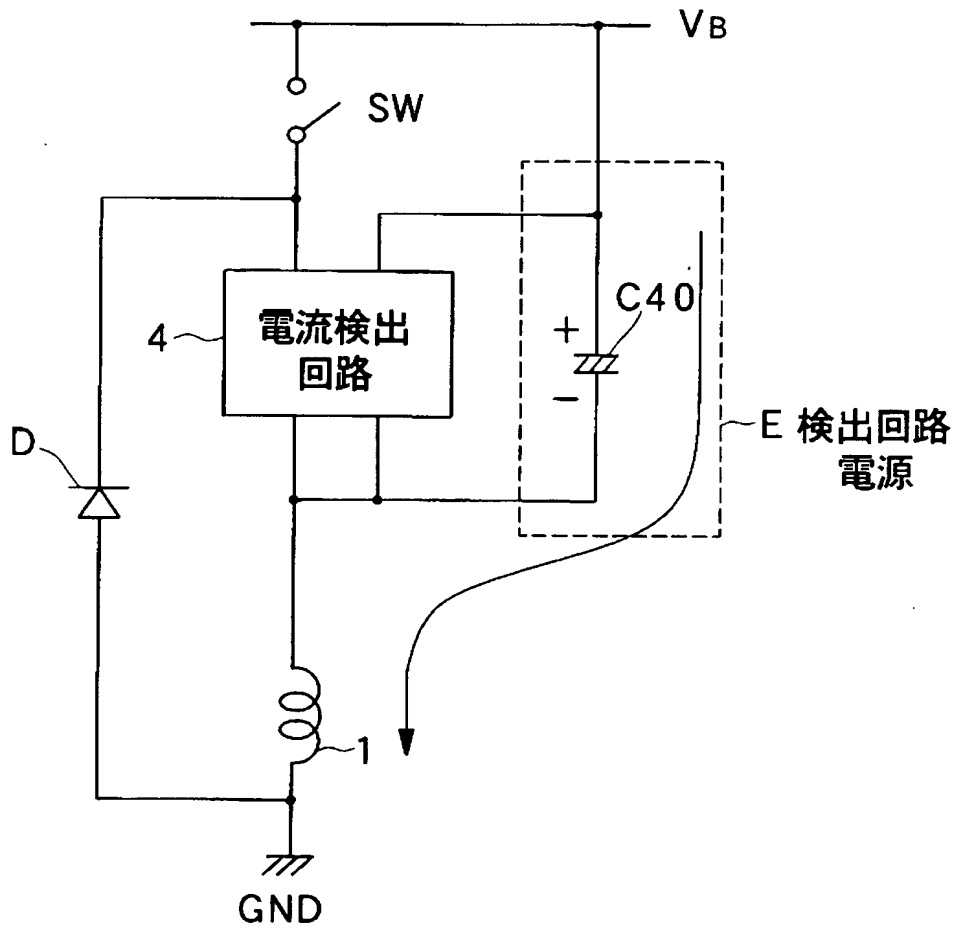
第2の実施形態に係る電流検出回路を示す図

#### 4 電流検出回路



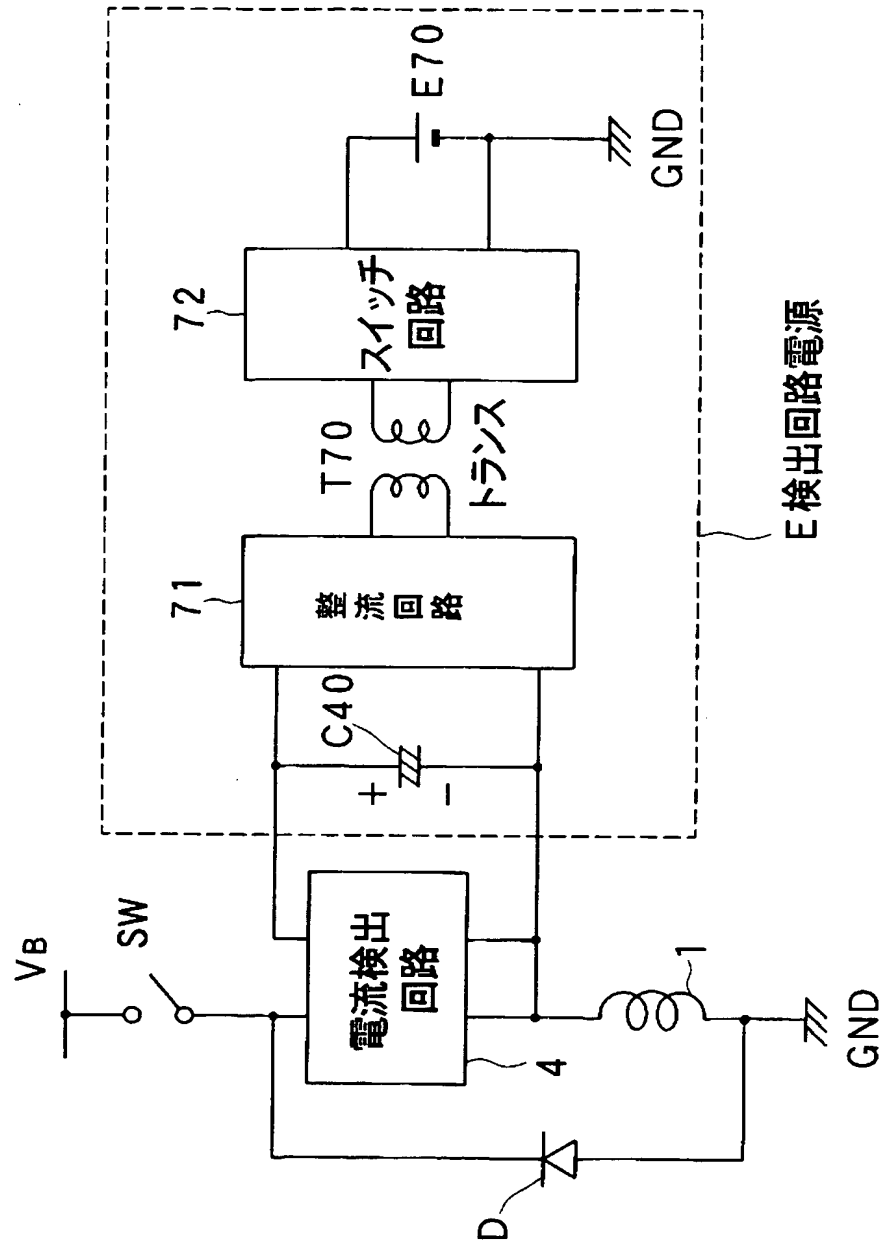
【図 16】

第 3 の実施形態に係る検出回路電源を示す図



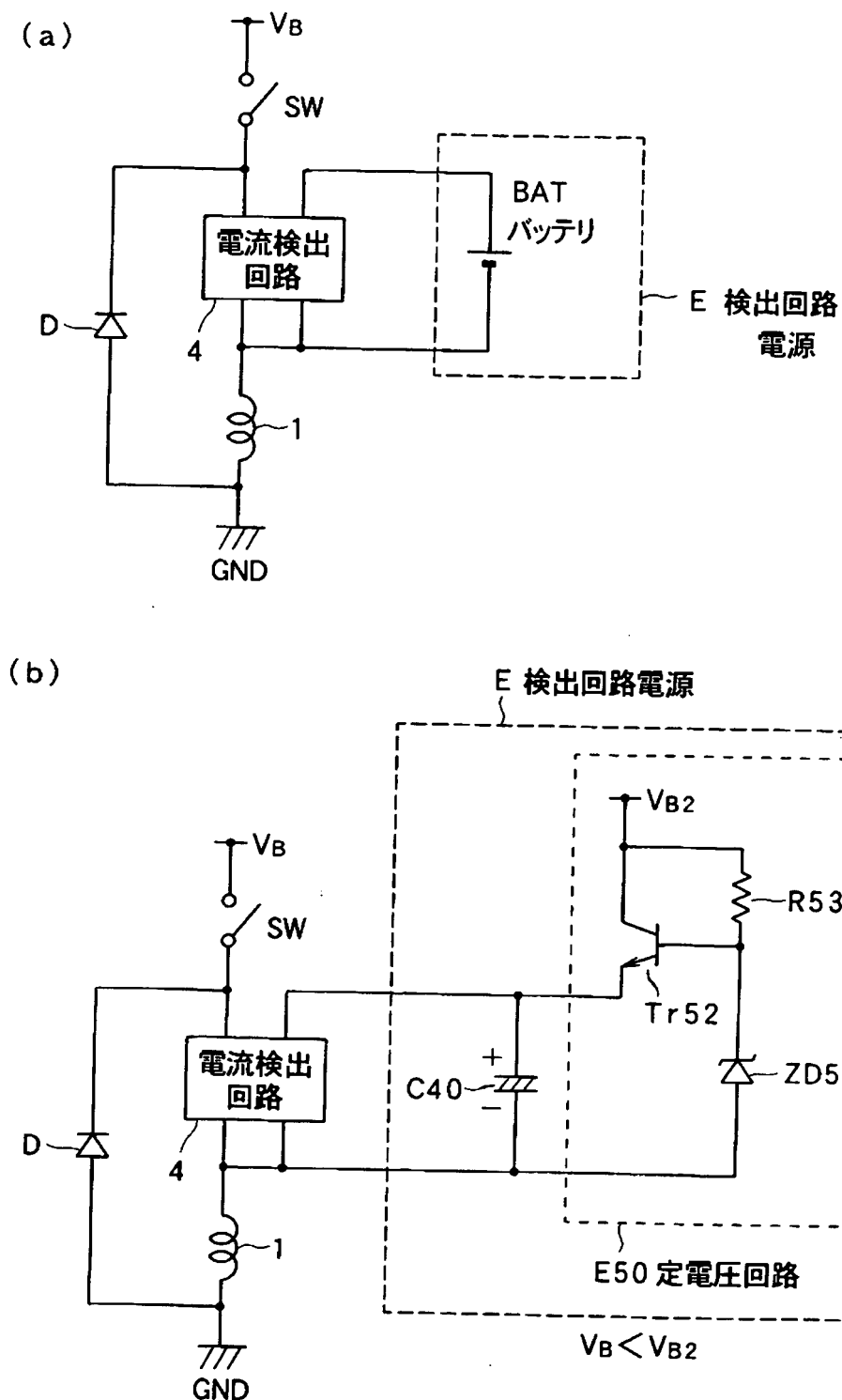
【図 17】

第3の実施形態に係る他の検出回路電源を示す図

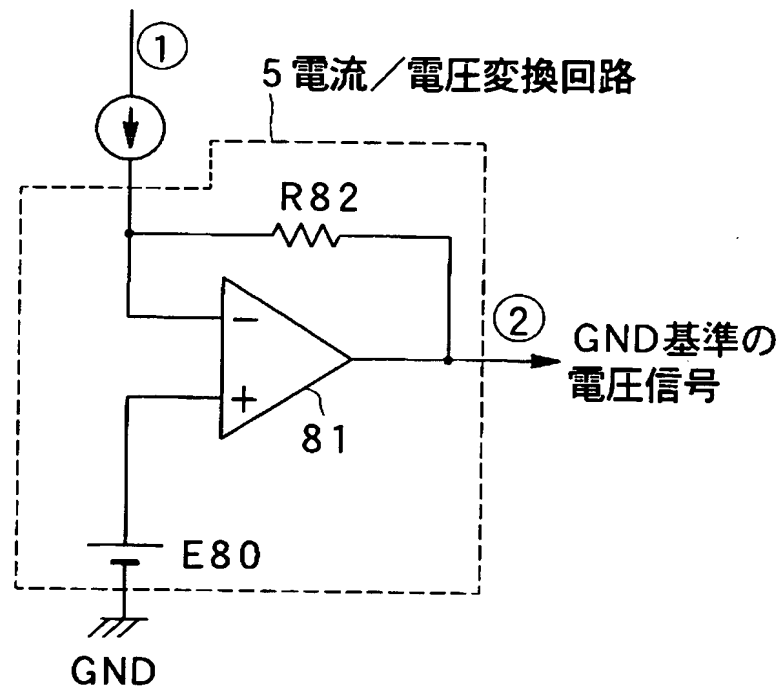


【図 18】

第3の実施形態に係る他の検出回路電源を示す図

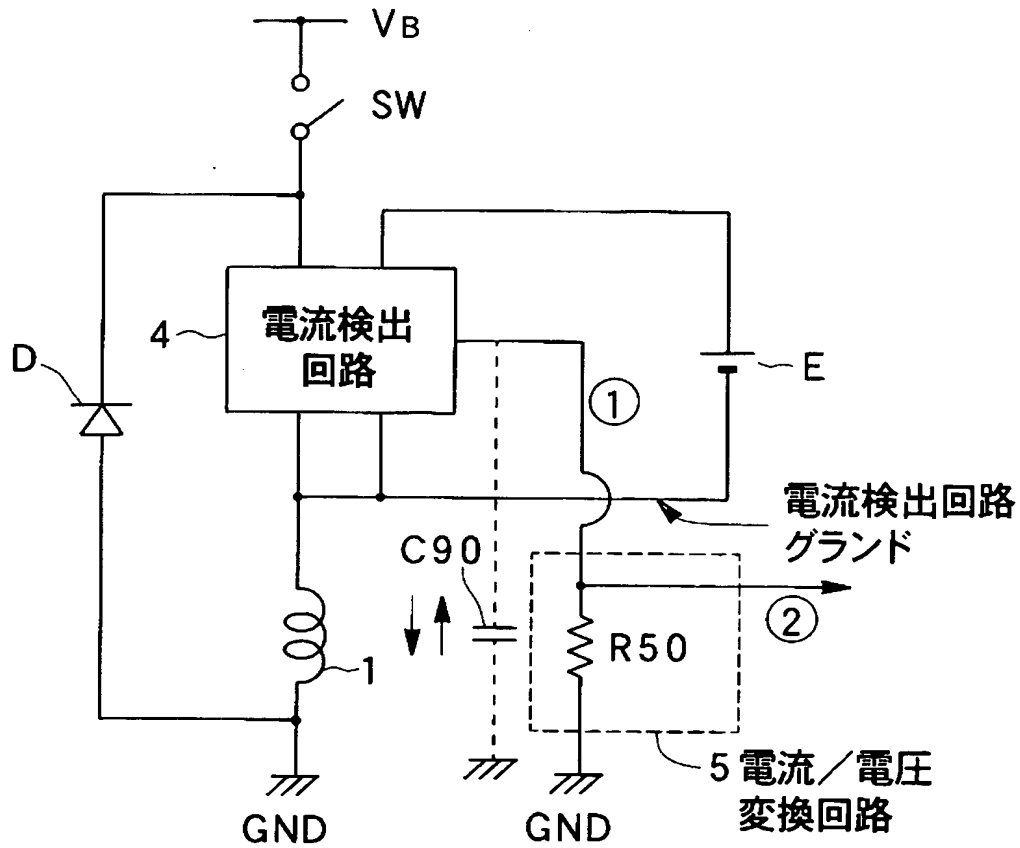


【図 19】

第 4 の実施形態に係る電流／電圧変換回路を示す図

【図 20】

10 ソレノイド駆動装置

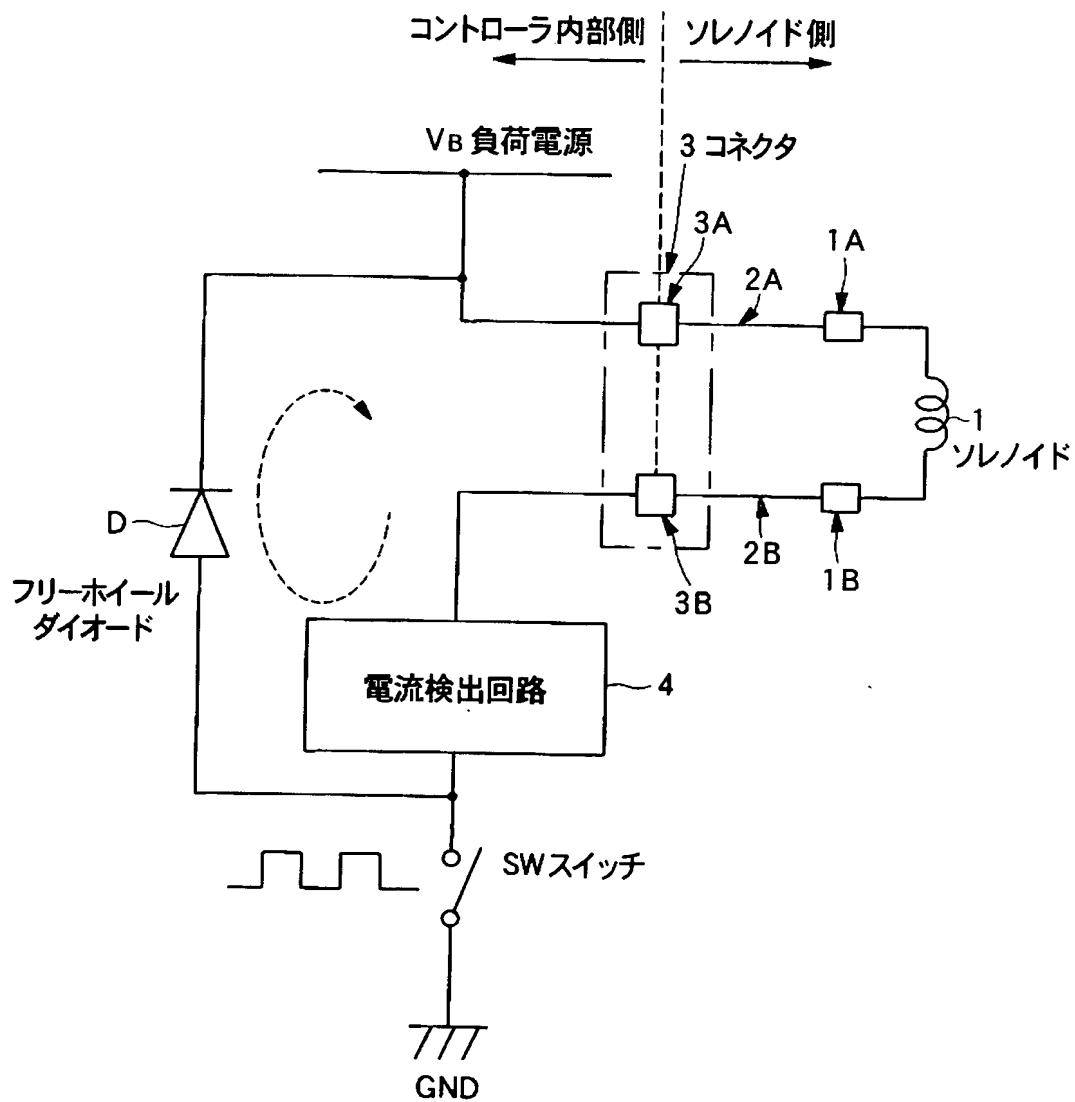




【図 2 2】

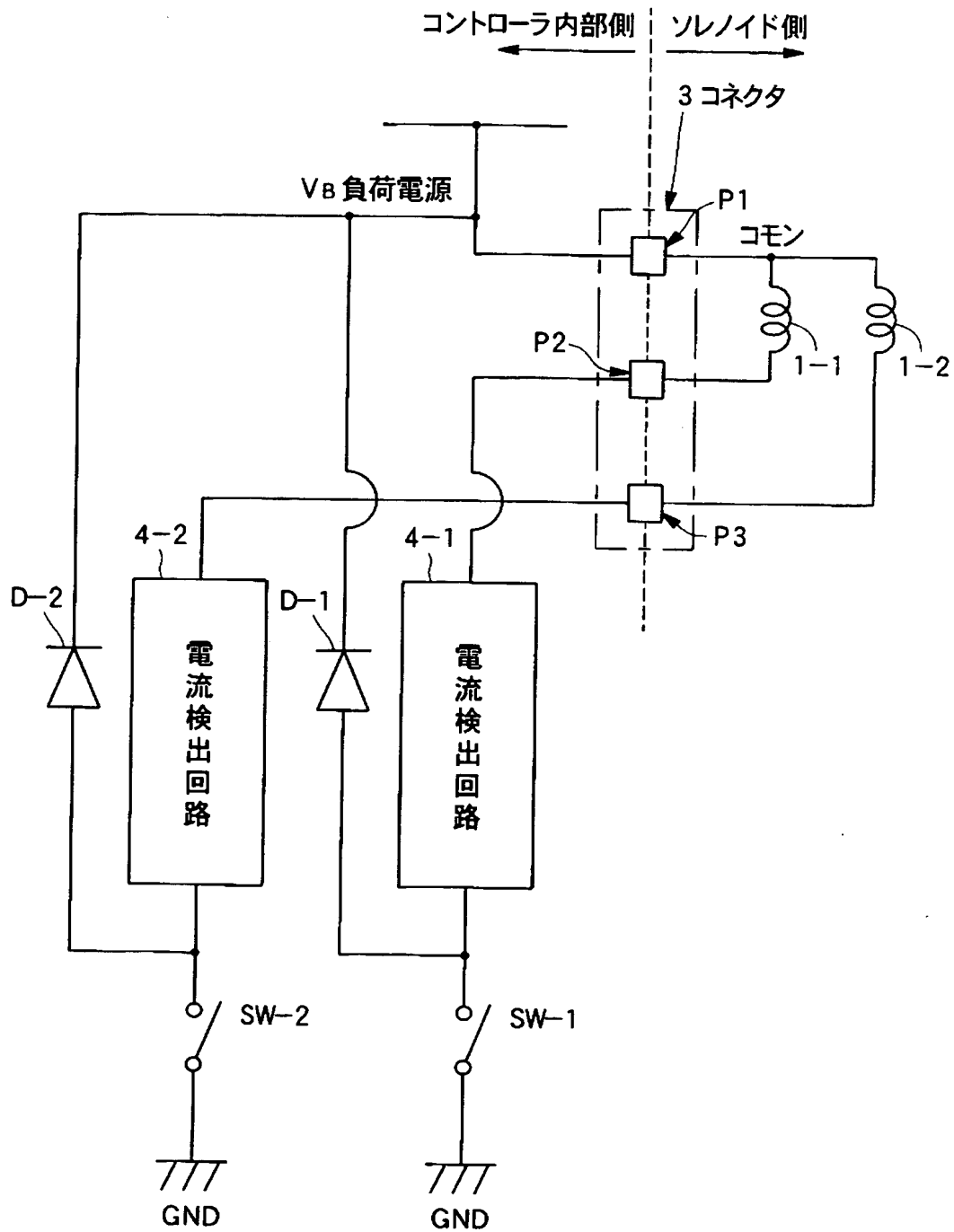
第 6 の実施形態の原理を示す図

100 ソレノイド駆動装置



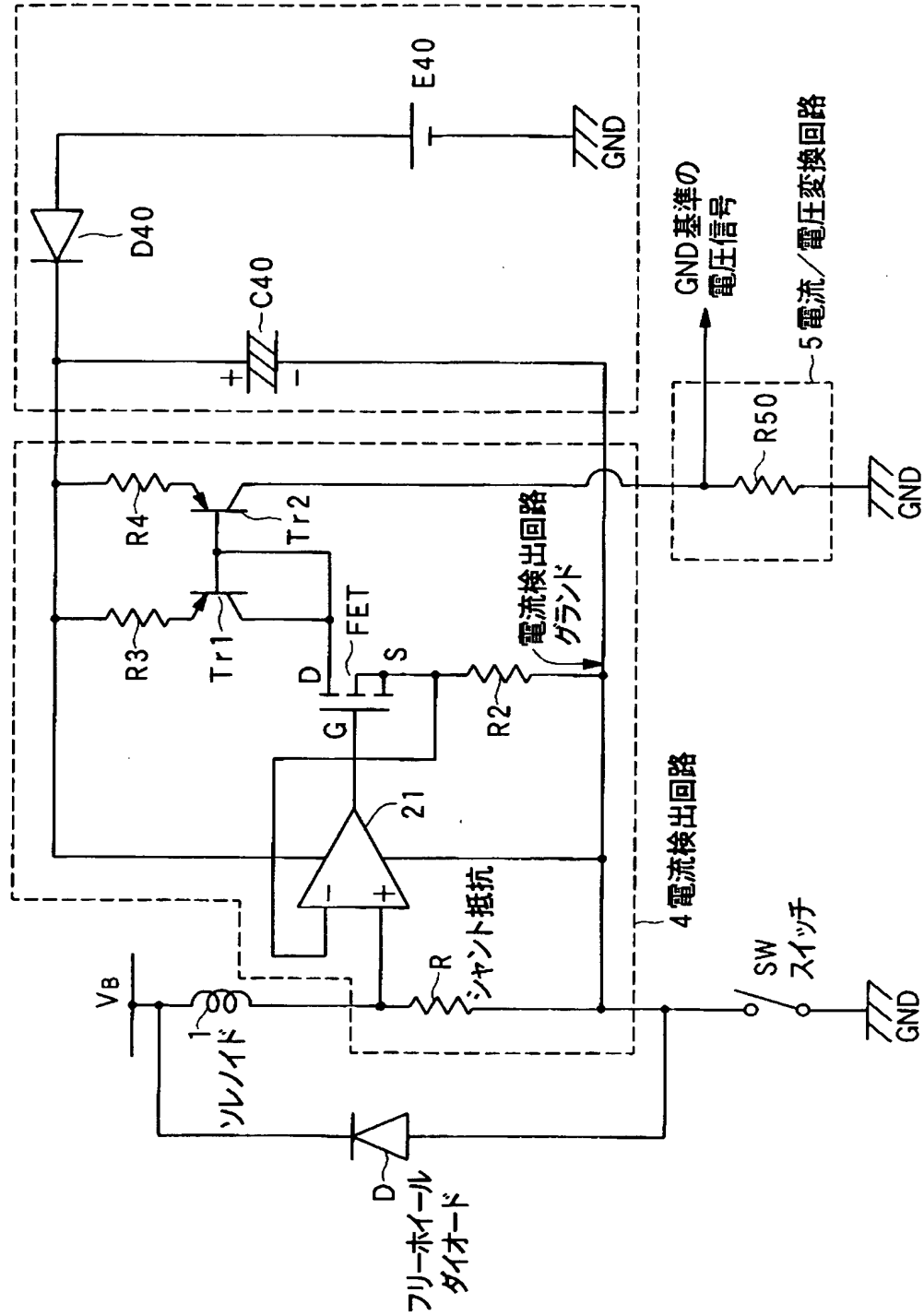
【図 2 3】



第6の実施形態の原理を示す図100 ソレノイド駆動装置

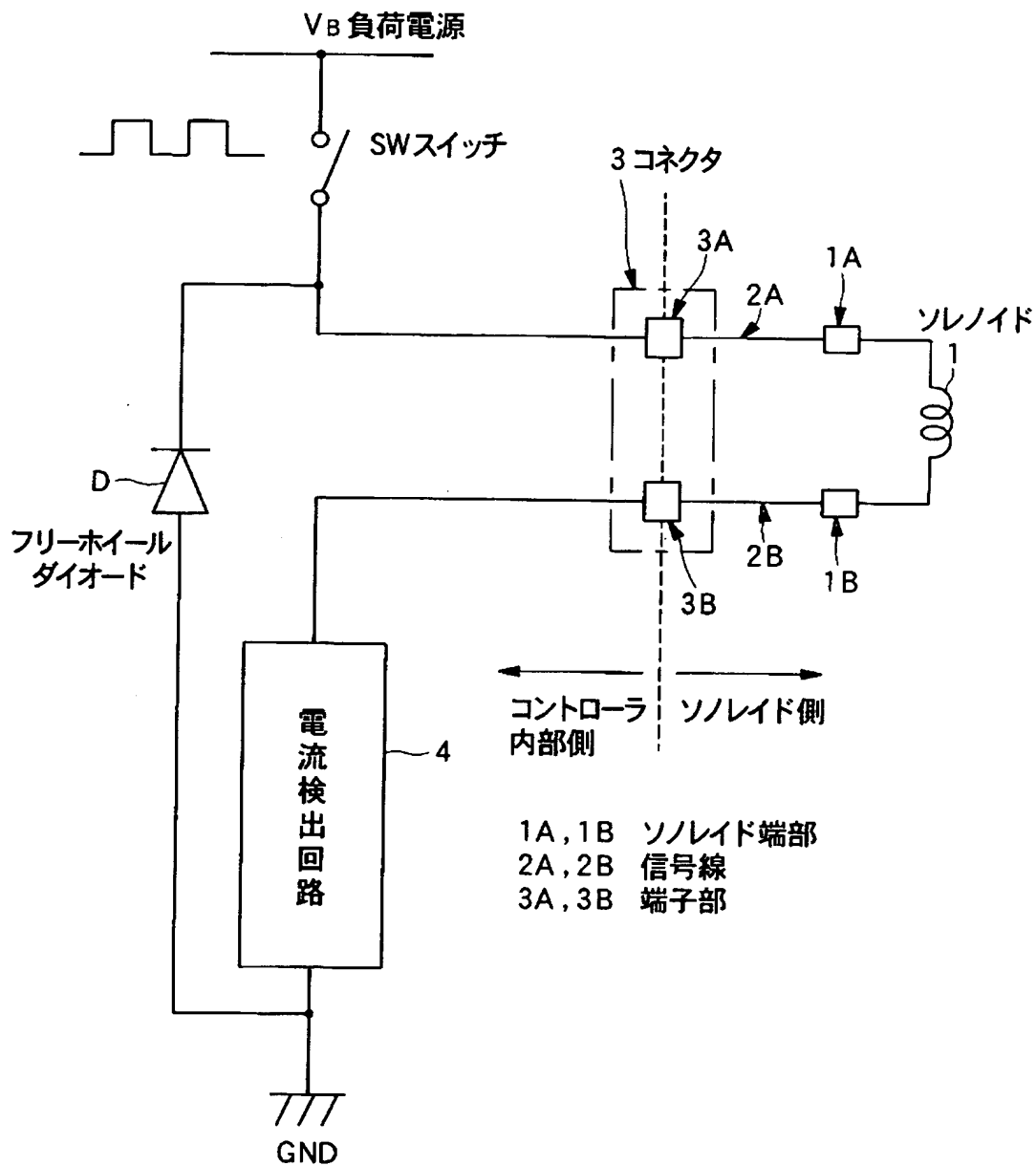
【図 24】

10 ソレノイド駆動装置 (第6の実施形態)



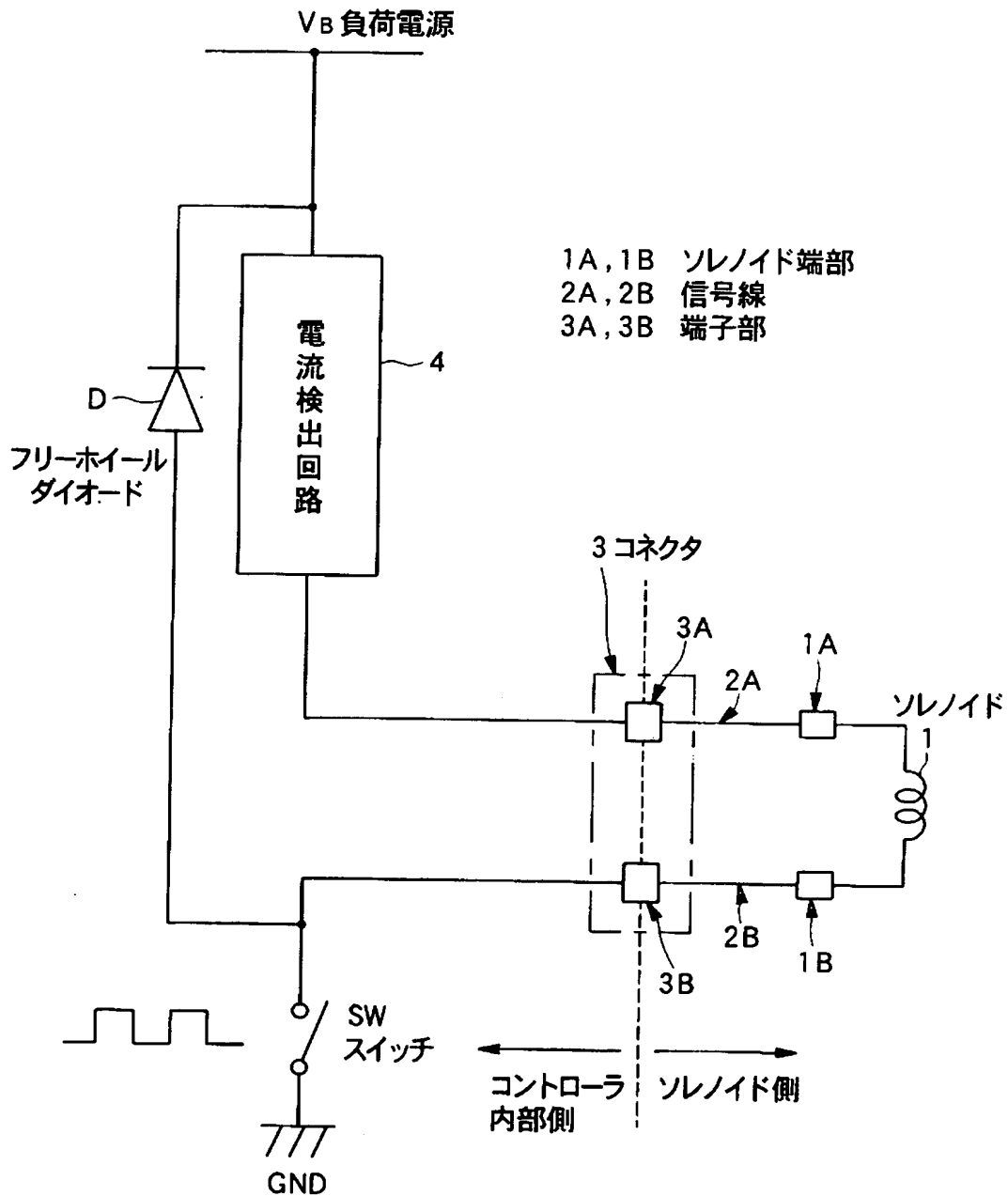
【図 25】

## 従来技術を示す図



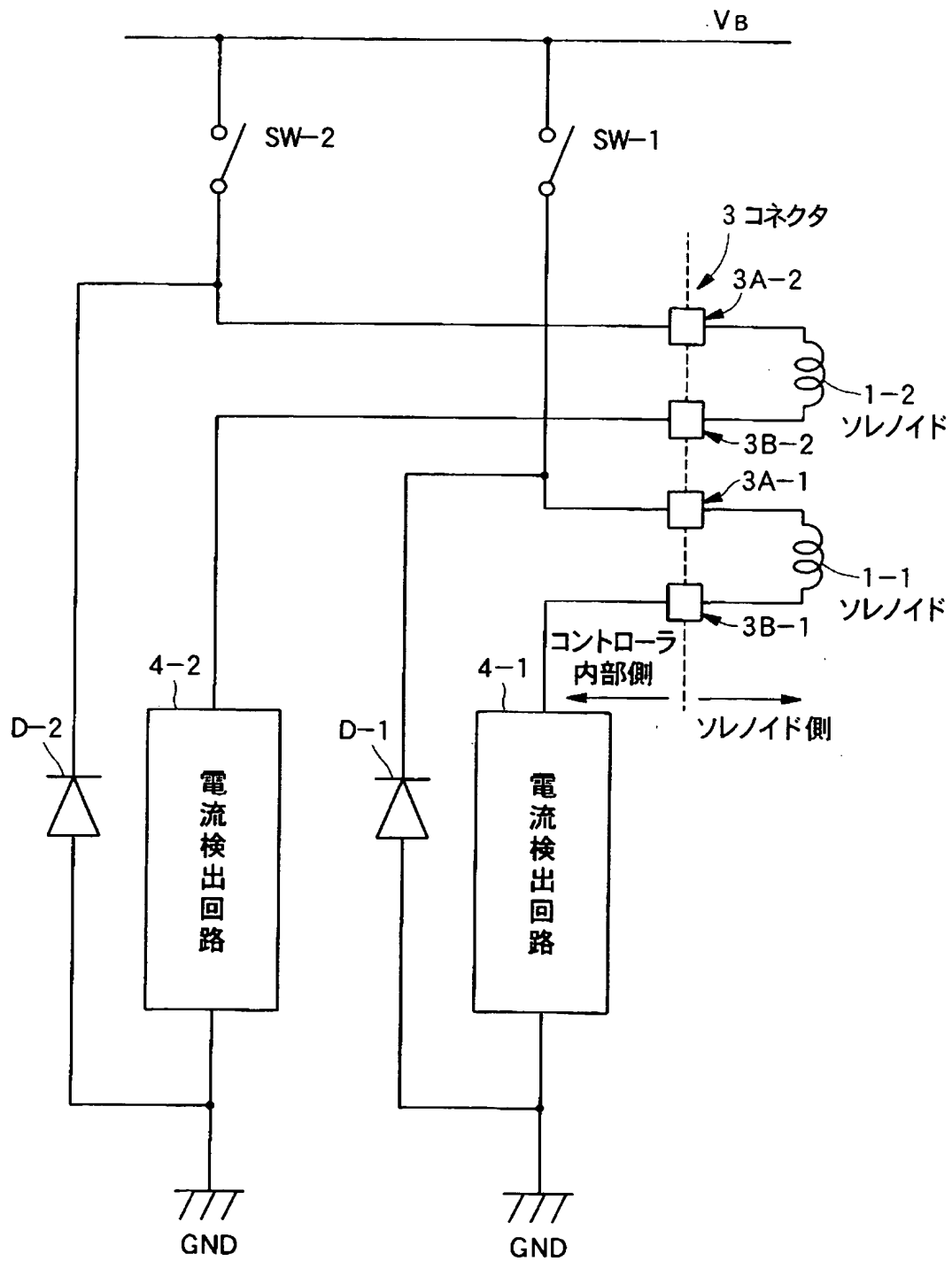
【図 2 6】

従来技術を示す図



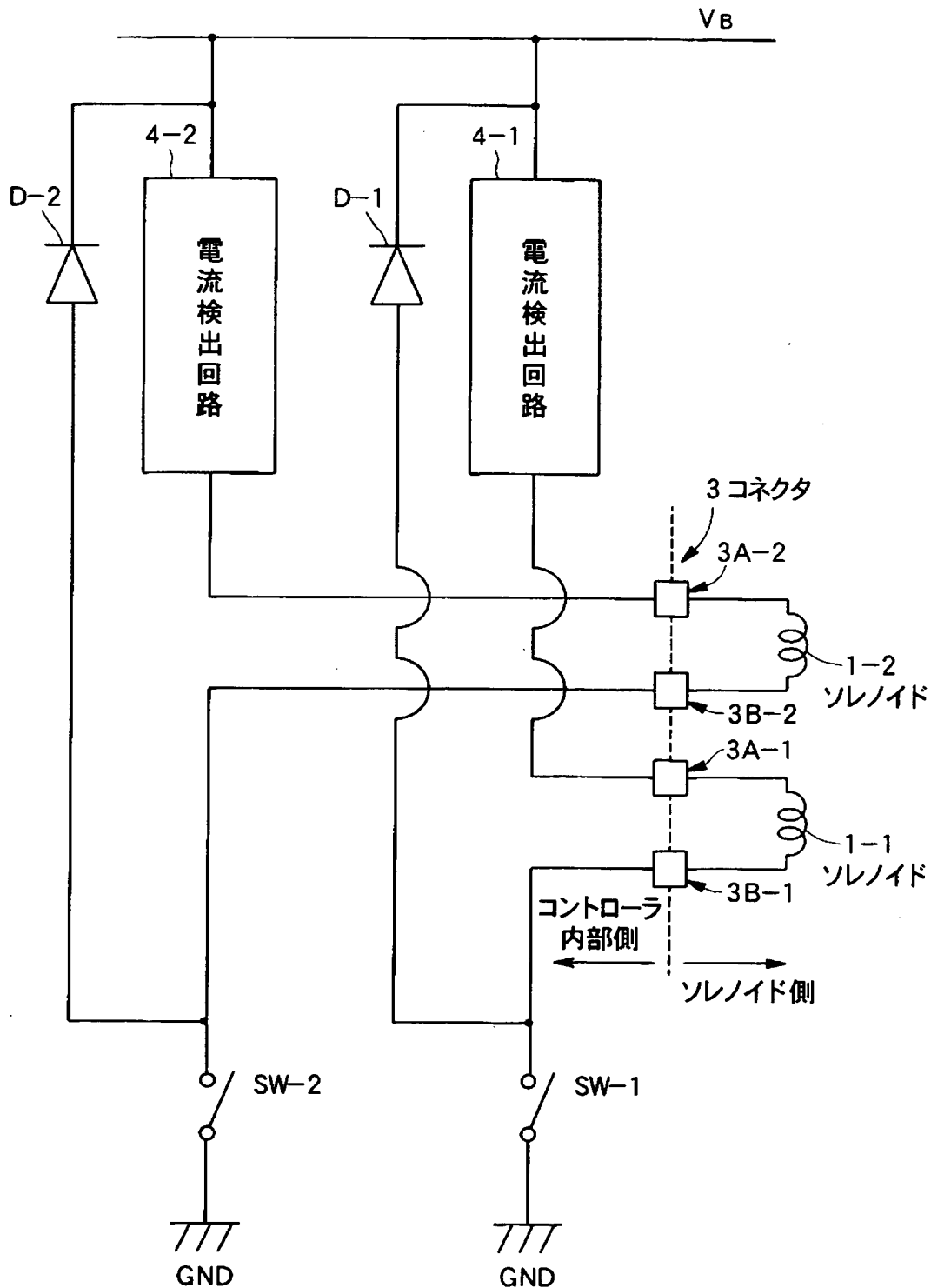
【図 2 7】

従来技術を示す図



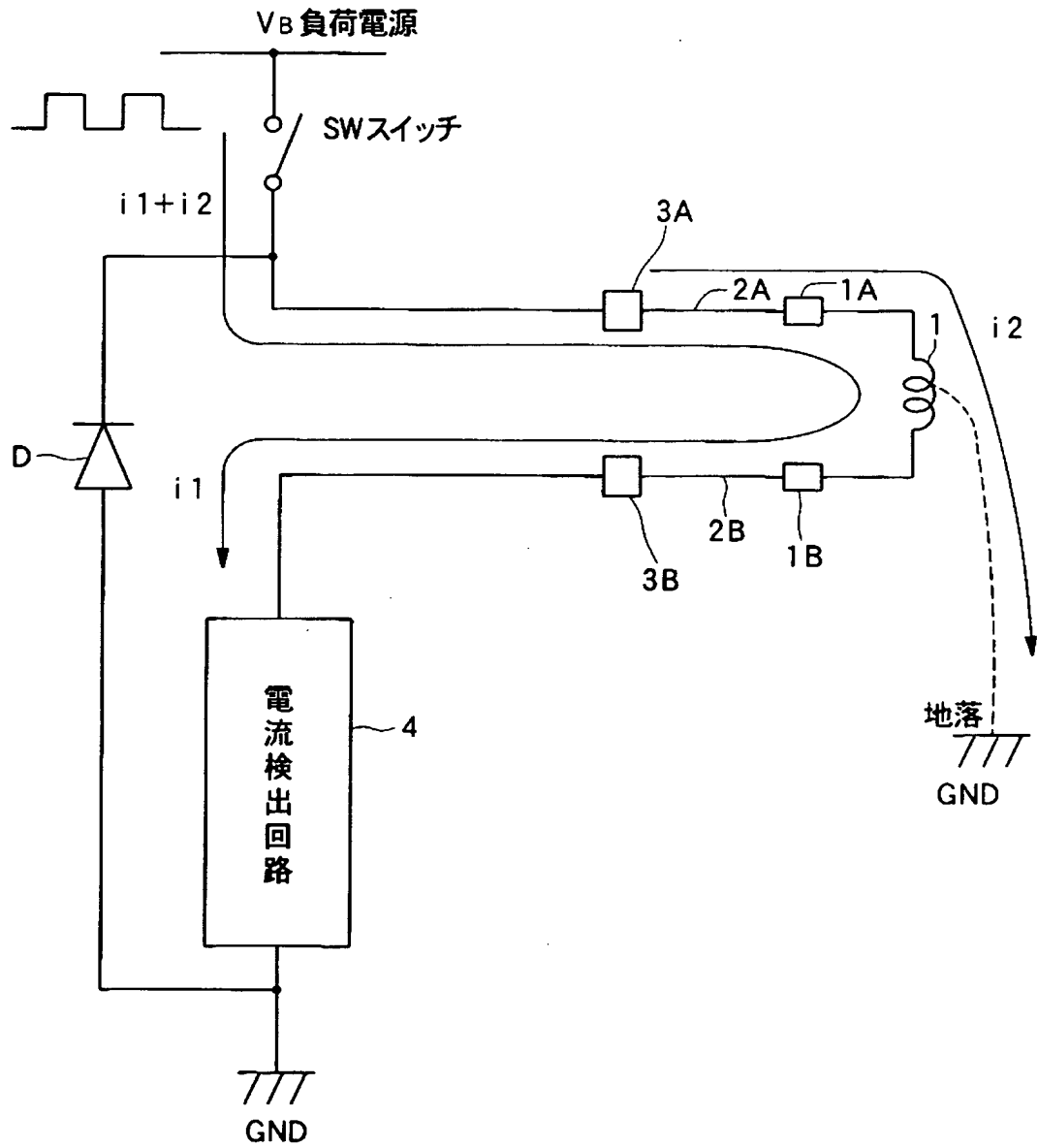
【図 28】

従来技術を示す図



【図 29】

従来技術を示す図



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 電流検出回路とソレノイドとの間を電氣的に接続する信号線の数低減すること。

【解決手段】 ソレノイド1-1、1-2とスイッチSW-1、SW-2との間であって、各ソレノイドに対しハイサイドにそれぞれ電流検出回路4-1、4-2を設けている。ソレノイド1-1、1-2における各GND側の端部はコモンになっている。コントローラと2つのソレノイドとを接続する信号線の本数は、「 $2+1=3$ 」で良く、このためコネクタ3の端子部の数（ピン数）も、「 $2+1=3$ 」（P1～P3）で良い。電流検出回路4-1、4-2はソレノイド1-1、1-2側へ流れる電流を検出する。このため、例えば不完全地落した場合に、ソレノイドに流れる過電流を検出できる。

【選択図】 図3



認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2000-263091
受付番号	50001110897
書類名	特許願
担当官	濱谷 よし子 1614
作成日	平成12年 9月 7日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成12年 8月31日
【特許出願人】	
【識別番号】	000001236
【住所又は居所】	東京都港区赤坂二丁目3番6号
【氏名又は名称】	株式会社小松製作所
【代理人】	申請人
【識別番号】	100071054
【住所又は居所】	東京都中央区湊1丁目8番11号 千代ビル6階 木村内外国特許事務所
【氏名又は名称】	木村 高久
【代理人】	
【識別番号】	100106068
【住所又は居所】	東京都中央区湊1丁目8番11号 千代ビル6階 木村内外国特許事務所
【氏名又は名称】	小幡 義之

次頁無

特願 2 0 0 0 - 2 6 3 0 9 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 1 2 3 6 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 9 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都港区赤坂二丁目 3 番 6 号

氏 名

株式会社小松製作所